

Sabine VAN EECKHOUT

---

**Analyse financière et avantages-coûts du projet  
d'assainissement de la zone métropolitaine  
de Caracas, Venezuela**

Rapport de recherche présenté à  
Monsieur Fernand Martin

Département des sciences économiques  
Université de Montréal

26 avril 2006

## **SOMMAIRE EXÉCUTIF**

Le Venezuela a lancé, il y a quelques années, un programme national de développement des infrastructures de base afin de réduire la pauvreté et augmenter la qualité de vie de ses citoyens. C'est dans ce cadre que le gouvernement vénézuélien a entrepris de doter la ville de Caracas (en incluant ses bidonvilles/barrios) d'infrastructures de base, dont entre autres, les infrastructures d'assainissement qui font l'objet de cette étude.

Le présent projet consiste donc à réhabiliter le réseau existant qui est défaillant et d'étendre le réseau à travers la région métropolitaine de Caracas (AMC : Area Metropolitana de Caracas). Actuellement, la totalité des eaux usées de l'AMC aboutit directement dans la rivière Guaire sans qu'aucun traitement préalable ne lui soit appliquée, causant ainsi une situation sanitaire, environnementale et esthétique jugée critique pour la région.

L'extension et la réhabilitation des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées de Caracas génèrera des impacts positifs relatifs à l'environnement biologique et social de la région, plus spécifiquement en améliorant la qualité du milieu biologique ainsi que la santé publique.

Ce rapport présente les analyses de rentabilité financière et économique de ce projet d'assainissement.

L'analyse financière vise à évaluer la rentabilité du projet du point de vue du promoteur (un organisme parapublic en l'occurrence) et vise à trouver le tarif moyen pouvant générer des revenus suffisants pour atteindre un taux de rentabilité acceptable. Une analyse de la capacité de payer des ménages est par la suite effectuée.

L'analyse économique a, quant à elle, une portée plus large et vise essentiellement à répondre à la question suivante : est-ce que le projet contribue à accroître le bien-être de la collectivité ? En vue de répondre à cette question, une analyse avantages-coûts a été élaborée afin de comparer l'ensemble des valeurs actualisées des bénéfices et des coûts économiques. Il est considéré que le bien-être collectif ou social augmente dans la mesure où les bénéfices économiques sont supérieurs aux coûts économiques (coûts d'investissement et d'entretien) du projet ou que la valeur actualisée nette (VAN) du projet est positive.

## **SOMMAIRE EXÉCUTIF (suite)**

L'optique retenue pour l'analyse financière consiste à simuler le tarif moyen pouvant rendre le projet d'assainissement financièrement rentable. Plusieurs niveaux de tarifs ont été simulés, sur la base du nombre de logements touchés par le projet, afin d'obtenir un taux de rendement financier réel de 13,73%. Il a été calculé que le tarif moyen mensuel doit être de 13 \$US par ménage ce qui représente 3,85% du revenu mensuel moyen des ménages. Il appert que ce tarif mensuel par ménage est trop élevé par rapport à la capacité de payer des ménages. En effet, la capacité de payer des ménages bénéficiaires du projet serait, selon des critères internationaux, située aux alentours de 6,80 \$US par ménage. Le projet, en respectant la capacité de payer des bénéficiaires, n'est donc pas financièrement rentable.

En ce qui concerne l'analyse économique, les principaux bénéfices économiques considérés dans cette étude sont reliés à l'amélioration de l'état de santé de la population bénéficiaire du projet. Les bénéfices reliés à la réduction des frais de traitements de maladies hydriques, la réduction des coûts de transport pour se rendre à l'hôpital ou le centre de santé en cas de maladie hydrique, les gains en temps productif dus à la réduction du nombre de cas de maladies hydriques, et ainsi de suite, sont des exemples de bénéfices considérés dans cette étude.

L'analyse avantages-coûts a permis de constater que les bénéfices économiques dépassent largement les coûts économiques du projet. En effet, la valeur actualisée nette du projet est de 203,5 millions de \$US et le taux de rendement interne (TRI) de 25,4% ce qui est largement supérieur au taux d'actualisation réel visé de 12%.

D'ailleurs, même si l'on ne considère que le seul bénéfice associé à la réduction des frais de traitement des maladies d'origine hydrique, le projet reste rentable. En effet, selon cette hypothèse, la VAN est toujours positive avec 108,5 millions de \$US et un TRI de 19,1%.

Le présent projet d'assainissement des eaux usées, tout en étant non rentable financièrement, est économiquement rentable.

## TABLE DES MATIÈRES

	Page
<b>1 INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1 Objectif du rapport.....	1
1.2 Structure du rapport.....	1
<b>2 PROBLÉMATIQUE.....</b>	<b>2</b>
<b>3 LA SOLUTION TECHNIQUE.....</b>	<b>3</b>
3.1 Principaux objectifs du projet d'assainissement.....	3
3.2 Caractéristiques techniques du réseau d'assainissement.....	3
3.3 Zone d'étude.....	4
3.4 Coût du projet.....	5
3.4.1 Les investissements.....	5
3.4.2 Les coûts d'opération et d'entretien.....	6
3.4.3 Durée de vie utile des ouvrages.....	7
<b>4 ANALYSE DE LA RENTABILITÉ FINANCIÈRE .....</b>	<b>8</b>
4.1 Hypothèses de l'analyse.....	8
4.2 Revenus d'opération.....	9
4.3 Flux monétaires.....	9
4.4 Résultats de l'analyse de rentabilité financière .....	10
<b>5 ANALYSE DE LA RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE .....</b>	<b>17</b>
5.1 Principes méthodologiques .....	17
5.1.1 Modèle d'analyse.....	17
5.1.2 Taux d'actualisation .....	19
5.1.3 Horizon temporel.....	19
5.1.4 Valeur résiduelle .....	19
5.2 Calcul des coûts économiques.....	20
5.2.1 Coûts d'investissement.....	20
5.2.2 Frais d'opération et d'entretien .....	25
5.2.3 Les autres coûts ou externalités négatives du projet .....	26

## TABLE DES MATIÈRES (suite)

	Page
5.3 Calcul des avantages économiques.....	26
5.3.1 Les avantages reliés à la santé .....	26
5.3.1.1 Les bénéfices directs reliés à la réduction du nombre de cas de maladies d'origine hydrique .....	27
5.3.1.2 Les bénéfices indirects reliés à l'amélioration de l'état de santé de la population .....	35
5.3.1.3 Autres bénéfices du projet .....	38
5.4 Résultats de l'analyse de rentabilité économique .....	39
5.5 Calcul de la subvention .....	41
<b>6 ANALYSE DE SENSIBILITÉ ÉCONOMIQUE.....</b>	<b>42</b>
6.1 Sensibilité aux coûts d'investissement .....	42
6.2 Sensibilité aux coûts unitaires de traitement des maladies hydriques .....	43
6.3 Sensibilité au nombre de jours moyen de convalescence en cas d'hospitalisation .....	43
6.4 Sensibilité au taux d'actualisation.....	44
<b>7 CONCLUSION .....</b>	<b>45</b>

## LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX

Page

### **FIGURES**

Figure 5.1	Méthode de calcul de la valeur actualisée nette.....	17
Figure 5.2	Méthode de calcul du taux de rendement interne.....	18
Figure 5.3	Processus de calcul de la valeur des frais de traitement selon l'âge du patient et la gravité de la maladie.....	31
Figure 5.4	Processus de calcul de la valeur des frais de transport des patients en cas de traitement de maladies hydriques .....	34
Figure 5.5	Processus de calcul de la valeur du temps productif d'un adulte actif en cas de traitement de maladies hydriques .....	35
Figure 5.6	Processus de calcul de la valeur du temps d'un parent en cas de traitement de son enfant pour une maladie hydrique.....	36
Figure 5.7	Processus de calcul de la valeur du temps pour un enfant en âge scolaire qui s'absente de l'école en cas de traitement de maladies hydriques.....	37

### **TABLEAUX**

Tableau 3.1	Coût financier des investissements (en \$US de 2005).....	5
Tableau 3.2	Coût financier des frais d'opération et d'entretien (en \$US de 2005) .....	6
Tableau 3.3	Durée de vie utile des infrastructures et équipements du projet.....	7
Tableau 4.1	Hypothèses de l'analyse financière .....	8
Tableau 4.2	Flux monétaires de l'analyse de rentabilité financière .....	13
Tableau 4.3	Flux monétaires de l'analyse de rentabilité financière selon la capacité de payer des bénéficiaires.....	14
Tableau 5.1	Coût économique des investissements (en \$US de 2005).....	24
Tableau 5.2	Coût économique des frais d'opération et d'entretien (en \$US de 2005) .....	25
Tableau 5.3	Niveau de prévalence des maladies hydriques selon l'avancement du projet.....	30
Tableau 5.4	Coût unitaire pour un cas ambulatoire, selon les types de maladies.....	32
Tableau 5.5	Durée moyenne de convalescence en cas d'hospitalisation selon les groupes de maladies .....	33
Tableau 5.6	Coût unitaire d'un séjour en milieu hospitalier, selon les types de maladies.....	33
Tableau 6.1	Analyse de sensibilité des coûts d'investissements (+/- 10%).....	42
Tableau 6.2	Analyse de sensibilité des coûts unitaires de traitement des maladies hydriques (+/- 10%) .....	43
Tableau 6.3	Analyse de sensibilité du nombre de jours moyen de convalescence en cas d'hospitalisation (+/- 10%).....	44
Tableau 6.4	Analyse de sensibilité du taux d'actualisation (+/- 2%).....	44

## **1 INTRODUCTION**

### **1.1 Objectif du rapport**

Ce rapport présente les analyses de rentabilité financière et économique du projet d'assainissement de la région métropolitaine de Caracas (AMC : Area Metropolitana de Caracas). L'analyse financière vise à évaluer la rentabilité financière du projet du point de vue du promoteur. Cette analyse a premièrement pour but d'identifier le tarif moyen pouvant générer des revenus suffisants pour atteindre un taux de rentabilité financière acceptable et deuxièmement de mesurer la subvention pouvant rendre le projet acceptable pour un promoteur non gouvernemental.

De son côté, l'analyse économique a une portée plus large et vise essentiellement à répondre à aux questions suivantes : 1) est-ce que le projet contribue à accroître le bien-être de la collectivité et 2) quel est le niveau maximal de subvention que le gouvernement pourrait octroyer à un promoteur si le projet n'est pas financièrement rentable ?

En vue de répondre à la première question, l'analyse économique compare l'ensemble des bénéfices et des coûts économiques sur une base monétaire en monnaie constante et en prix de référence. Il est considéré que le bien-être augmente dans la mesure où les bénéfices économiques sont supérieurs aux coûts économiques du projet. Une comparaison des résultats des analyses financière et économique permettra de vérifier la possibilité de subventionner le projet.

### **1.2 Structure du rapport**

Le rapport présente l'analyse de rentabilité financière et économique du projet d'assainissement de la rivière Guaire. Le premier chapitre fait office d'introduction. Le chapitre 2 dépeint la problématique du projet alors que le chapitre 3 présente la solution technique retenue pour faire face à la problématique précédemment évoquée.

Les analyses de rentabilité financière et économique sont présentées aux chapitres 4 et 5 respectivement.

Et pour finir, une analyse de sensibilité est présentée au chapitre 6 alors que la conclusion de l'étude se trouve au chapitre 7.

## **2 PROBLÉMATIQUE**

Le Venezuela a lancé, il y a quelques années, un programme national de développement des infrastructures de base afin de réduire la pauvreté et augmenter la qualité de vie de ses citoyens. C'est dans ce cadre que le gouvernement vénézuélien a entrepris de doter la ville de Caracas (en incluant ses bidonvilles/barrios) d'infrastructures de base, dont entre autres, les infrastructures d'assainissement qui font l'objet de cette étude.

Le présent projet consiste donc à réhabiliter le réseau existant qui est défaillant et d'étendre le réseau à travers la région métropolitaine de Caracas (AMC). En fait, la AMC est actuellement dotée d'un réseau de collecte des eaux usées qui fonctionne plus ou moins bien c'est pourquoi il doit être entièrement réhabilité. En effet, le réseau principal de collecte souffre de divers problèmes de dégradation des structures et de manque d'ouvrages d'interception des eaux usées ce qui fait que plus de 60%<sup>1</sup> des eaux usées de l'AMC sont actuellement déversées dans le lit de la rivière Guaire et dans les lits de ses affluents (thalwegs) qui se sont en quelque sorte transformés en collecteurs à ciel ouvert traversant les zones peuplées de Caracas. Même les eaux captées par le réseau actuel de collecte des eaux usées finissent par se rejeter dans le réseau de collecte des eaux pluviales, dirigeant une fois de plus toutes les eaux usées dans le lit de la rivière Guaire.

Ainsi, la totalité des eaux usées de l'AMC aboutit directement dans cette rivière sans qu'aucun traitement préalable ne lui soit appliqué, causant ainsi une situation sanitaire, environnementale et esthétique jugée critique pour la région.

La présence des eaux usées municipales, ajoutée aux substances toxiques provenant des activités industrielles, fait en sorte que les cours d'eau récepteurs représentent un impact négatif significatif sur l'écosystème, ainsi qu'un risque pour la santé publique, ce qui met en évidence la nécessité de développer un plan d'action pour l'assainissement des eaux usées de Caracas.

L'extension et la réhabilitation des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées de Caracas génèrera des impacts positifs relatifs à l'environnement biologique et social de la région, plus spécifiquement en améliorant la qualité du milieu biologique ainsi que la santé publique.

---

<sup>1</sup> Tecsalt International, 2005



### **3 LA SOLUTION TECHNIQUE**

#### **3.1 Principaux objectifs du projet d'assainissement**

Les principaux objectifs de la réhabilitation et de l'extension du réseau principal d'interception des eaux usées de l'AMC se résument comme suit :

- réhabiliter les collecteurs marginaux des thalwegs traversant la ville afin d'éviter qu'ils fonctionnent comme collecteurs à ciel ouvert drainant des eaux usées;
- réhabilitation et extension des systèmes d'assainissement des eaux usées dans les barrios (zones à urbanisation non contrôlée);
- raccordement de l'ensemble des décharges des eaux usées actuellement rejetées dans les cours d'eau marginaux du Guaire; installation de déversoirs d'orage afin d'acheminer seulement les eaux usées vers la future station de traitement et de déverser le surplus pluvial dans le lit de la rivière tout en respectant une dilution minimale capable d'être absorbée par les eaux de la rivière. Ceci évitera de générer des impacts négatifs dus aux eaux pluviales.

#### **3.2 Caractéristiques techniques du réseau d'assainissement**

Les travaux de réhabilitation du réseau principal de collecte de l'AMC sont décrits ci-dessous :

- réhabilitation des collecteurs marginaux des 17 principales vallées encaissées de l'AMC;
- raccordement aux affluents marginaux de la rivière Guaire de toutes les décharges d'eaux usées existantes et la construction d'évacuateurs de crues permettant d'amener seulement les eaux usées (et non les eaux de pluies) vers la future usine de traitement et de dévier les eaux pluviales;
- réhabilitation et extension du réseau de collecte des eaux usées des quartiers (barrios) pour les amener vers les collecteurs principaux.

Les travaux de réhabilitation du réseau principal de collecte font partie du programme d'urgence récemment développé par le ministère de l'Environnement et des Ressources Naturelles (MERN) du pays qui s'étend jusqu'à la fin 2006, tandis que les travaux d'assainissement des eaux usées des quartiers s'étendront de 2005 à 2013.

La composante traitement des eaux inclut les travaux suivants :

- construction d'une usine de traitement pour la totalité des eaux usées de l'AMC sur un site bordant la rivière Guaire situé sur la hacienda El Encantado;
- construction d'une tuyauterie d'entrée depuis l'embouchure actuelle des marginaux de la rivière Guaire au Petare à la hauteur du pont Baloa jusqu'au site de la future usine de traitement.

Il est proposé de construire l'usine de traitement des eaux usées en deux phases, la première allant de 2007 à 2011 et la seconde de 2014 à 2016.

### **3.3 Zone d'étude**

La zone d'étude retenue pour la présente étude de rentabilité économique et financière est constituée de l'État du Distrito Capital. Il est clair que les effets du projet auront une étendue plus large du fait que la rivière Guaire se jette dans la rivière Tuy qui traverse également l'État de Miranda situé à l'est de l'État du Distrito Capital et qui se déverse à la mer dans la région touristique de Barlovento.

Mais, comme il existe peu de cultures agricoles irriguées à même l'eau des rivières Guaire et Tuy dans cette zone, et comme il est difficile d'estimer le nombre de personnes utilisant les eaux de ces deux rivières pour toute autre activité, la présente étude se restreint donc à la zone précise qui sera assainies soit la zone du Distrito Capital, zone où il est par ailleurs estimé que la grande majorité des bénéfices reliés à la santé se feront sentir car c'est dans ce district dense ( $4\,240,9$  habitants/km<sup>2</sup>)<sup>2</sup> que se situeront les infrastructures d'assainissement des eaux usées et que les seuls bénéfices à entrevoir dans l'État de Miranda, une zone moins dense ( $305,01$  habitants/km<sup>2</sup>) située en aval des infrastructures sont la réduction des maladies d'origine hydrique auprès d'un nombre relativement restreint de personnes situées le long de la rivière qui utilisent l'eau de la rivière pour leurs besoins en eau.

---

<sup>2</sup> Source : [http://es.wikipedia.org/wiki/Distrito\\_Capital\\_\(Venezuela\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Distrito_Capital_(Venezuela)) À titre d'information, le Venezuela a une densité de population de 27 habitants/km<sup>2</sup>

### 3.4 Coût du projet

#### 3.4.1 Les investissements

Le tableau 3.1 résume les investissements du projet en prix financiers incluant la taxe de vente (IVA) de 17% sur les achats locaux. Tous les coûts sont en \$US, en unité constante de 2005, et présentés dans une période d'analyse de 20 ans, soit de 2005 à 2025. Il est à noter qu'il a été posé comme hypothèse que le taux de change du bolivar au \$US, utilisé pour convertir la part des investissements effectués en bolivars, reste constant dans le temps puisqu'il est difficile de prévoir le taux de change qui prévaudra dans le futur.

**Tableau 3.1**  
**Coût financier des investissements (en \$US de 2005)**

<b>Année</b>	<b>Équipements et matériaux locaux</b>	<b>Équipements et matériaux importés</b>	<b>Main-d'œuvre locale</b>	<b>Main-d'œuvre étrangère</b>	<b>Investissements totaux (arrondis)</b>
2005	8 268 780	3 489 333	11 957 333	5 569 333	<b>29 280 000</b>
2006	6 981 780	3 489 333	11 957 333	5 569 333	<b>28 000 000</b>
2007	20 139 667	12 982 705	16 787 662	2 432 433	<b>52 340 000</b>
2008	33 502 997	29 130 555	27 876 337	3 159 258	<b>93 670 000</b>
2009	33 493 224	71 827 641	31 831 617	4 999 912	<b>142 150 000</b>
2010	29 817 751	70 044 171	28 173 002	4 976 427	<b>133 010 000</b>
2011	18 614 205	38 341 451	19 587 322	3 242 507	<b>79 790 000</b>
2012	6 828 343	3 401 905	6 826 190	554 762	<b>17 610 000</b>
2013	6 828 343	3 401 905	6 826 190	554 762	<b>17 610 000</b>
2014	6 857 253	8 286 100	5 759 850	303 150	<b>21 210 000</b>
2015	21 919 365	57 103 500	20 222 641	4 789 501	<b>104 040 000</b>
2016	17 288 856	59 107 200	16 205 371	5 122 771	<b>97 720 000</b>
2017	0	0	0	0	<b>0</b>
2018	0	0	0	0	<b>0</b>
2019	0	0	0	0	<b>0</b>
2020	0	0	0	0	<b>0</b>
2021	0	0	0	0	<b>0</b>
2022	1 015 864	329 340	284 430	14 970	<b>1 640 000</b>
2023	3 275 433	1 061 885	917 083	48 268	<b>5 300 000</b>
2024	41 212 814	13 361 066	11 539 102	607 321	<b>66 720 000</b>
2025	49 003 041	15 886 633	13 720 274	722 120	<b>79 330 000</b>

Source : TECSULT International, 2005.

Il est à noter que les investissements effectués à partir de l'année 2022 représentent les frais de remplacement des infrastructures dont la durée de vie utile a été atteinte. Il s'agit des

infrastructures et équipements dont la durée de vie est de 15 ans. Le tableau 3.3 présente la durée de vie utile de l'ensemble des infrastructures et équipements du projet.

### 3.4.2 Les coûts d'opération et d'entretien

Les coûts d'opération et d'entretien des ouvrages d'extension et de réhabilitation du réseau prévus au présent projet ainsi que ceux de la station de traitement comprennent, les frais de main-d'œuvre, les frais d'énergie électrique et d'eau, l'achat de produits chimiques, la disposition des déchets, les frais d'entretien et autres frais divers.

Le tableau 3.2 présente les coûts financiers (avec taxes) des activités d'opération et d'entretien prévues au projet.

**Tableau 3.2**  
**Coût financier des frais d'opération et d'entretien (en \$US de 2005)**

<b>Année</b>	<b>Main d'œuvre locale</b>	<b>Frais d'entretien et intrants</b>	<b>Frais d'opération totaux (arrondis)</b>
2005	101 900	79 482	<b>181 000</b>
2006	203 800	158 964	<b>363 000</b>
2007	303 514	236 741	<b>540 000</b>
2008	403 229	314 518	<b>718 000</b>
2009	502 943	392 295	<b>895 000</b>
2010	602 657	470 073	<b>1 073 000</b>
2011	1 535 770	27 707 522	<b>29 243 000</b>
2012	1 635 484	28 983 271	<b>30 619 000</b>
2013	1 735 198	31 897 149	<b>33 632 000</b>
2014	1 735 198	32 240 109	<b>33 975 000</b>
2015	1 735 198	35 538 201	<b>37 273 000</b>
2016	1 889 555	39 148 282	<b>41 038 000</b>
2017	1 889 555	39 249 472	<b>41 139 000</b>
2018	1 889 555	39 348 047	<b>41 238 000</b>
2019	1 889 555	39 444 108	<b>41 334 000</b>
2020	1 889 555	39 537 750	<b>41 427 000</b>
2021	1 889 555	39 629 066	<b>41 519 000</b>
2022	1 889 555	39 799 279	<b>41 689 000</b>
2023	1 889 555	40 149 547	<b>42 039 000</b>
2024	1 889 555	43 560 801	<b>45 450 000</b>
2025	1 889 555	48 008 075	<b>49 898 000</b>

Source : TECSULT International, 2005.

### 3.4.3 Durée de vie utile des ouvrages

Les durées de vies utiles des infrastructures et équipements du projet sont présentées au tableau 3.3.

**Tableau 3.3**  
**Durée de vie utile des infrastructures et équipements du projet**

<b>Infrastructure</b>	<b>Type</b>	<b>Durée de vie</b>
Système d'interception principal	Ouvrages civils	50 ans
Assainissement des barrios	Ouvrages civils	30 ans
Station de traitement		
Conduites d'amenée	Ouvrages civils Équipements	30 ans 15 ans
Excavations et aménagements externes	Ouvrages civils Équipements	50 ans 15 ans
Édifices de services	Ouvrages civils Équipements	30 ans 15 ans
Traitement biologique - Prétraitement	Ouvrages civils Équipements	50 ans 15 ans
- Décantation	Ouvrages civils Équipements	30 ans 15 ans
- Biofiltration	Ouvrages civils Équipements	30 ans 15 ans
- Désinfection	Ouvrages civils Équipements	30 ans 15 ans
- Génération d'électricité	Ouvrages civils Équipements	50 ans 15 ans
Traitement des boues	Ouvrages civils Équipements	50 ans 15 ans
Services auxiliaires	Ouvrages civils Équipements	50 ans 15 ans

Source : TECSULT International, 2005.

## 4 ANALYSE DE LA RENTABILITÉ FINANCIÈRE

Comme il s'agit d'un projet d'ordre public, la présente analyse financière vise à déterminer le tarif moyen nécessaire pour assurer une rentabilité financière du projet. Le tarif calculé via cette analyse représente le revenu permettant de couvrir les investissements, les frais d'opération ainsi que les frais de financement du projet.

Il est important de noter que la présente analyse financière n'est pas une analyse tarifaire proprement dite. Ce que la présente analyse offre comme information est le niveau et la répartition dans le temps du revenu nécessaire pour obtenir un rendement équivalent au taux de financement visé par le projet.

### 4.1 Hypothèses de l'analyse

Les principales hypothèses du modèle financier sont présentées au tableau 4.1.

**Tableau 4.1**  
**Hypothèses de l'analyse financière**

Période d'analyse (20 ans)	2005-2025
Population touchée par le projet en 2005	3 480 912 habitants
Taux de croissance annuel de la population	0,82%
Nombre de personnes par ménage	4,1 pers/ménage
Nombre moyen de logements par ménage	1 logement/ménage <sup>3</sup>
Hypothèses fiscales/monétaires	
Taux d'intérêt nominal <sup>4</sup> (sur emprunts, en 2005)	22,00%
Taux d'inflation <sup>5</sup>	12,21%
Taux d'intérêt réel <sup>6</sup>	8,73%
Taux de rendement réel visé (avec prime de risque)	13,73%
Taux de recouvrement des taxes d'assainissement	100,00%

Sources : TECSULT International, 2005 et la Banque centrale du Venezuela.

<sup>3</sup> Les données les plus récentes sur le nombre de logements datent de 2001 où l'on a recensé 6 242 621 logements au pays. Selon ce même recensement ([www.ine.gov.ve](http://www.ine.gov.ve)), la population totale du pays était de 24 765 581 habitants. Une estimation de la taille moyenne du ménage vénézuélien (4,29 personnes) pour cette année a été effectuée sur la base des données historiques obtenues de la Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ([www.eclac.cl/](http://www.eclac.cl/)). On trouve ainsi un total de 5 772 862 ménages au pays en 2001. Le ratio « ménage/logement » est donc de 0,92, arrondi ici à 1 logement par ménage.

<sup>4</sup> Source : Banque Centrale du Venezuela ([www.bcv.org.ve](http://www.bcv.org.ve)), [en ligne], consulté le 20 février 2005 [http://www.bcv.org.ve/excel/1\\_2\\_15.xls?id=31](http://www.bcv.org.ve/excel/1_2_15.xls?id=31) (Taux d'intérêt à long terme pour un emprunt commercial)

<sup>5</sup> Source : Sur la base des IPC mensuels de 2005 publiés par la Banque Centrale du Venezuela ([www.bcv.org.ve](http://www.bcv.org.ve)), [en ligne], consulté le 20 février 2005 [http://www.bcv.org.ve/excel/4\\_1\\_16.xls](http://www.bcv.org.ve/excel/4_1_16.xls)

<sup>6</sup> Pour obtenir le taux d'intérêt réel, il faut utiliser la formule suivante :  $i = (r - j) / (1 + j)$  où  $i$  = taux d'intérêt réel,  $j$  = taux d'inflation annuel et  $r$  = taux d'intérêt nominal. Il importe de présenter un taux d'intérêt réel car les données de l'analyse financière sont présentées en termes réels sans considération de l'inflation.

Il est à noter que l'hypothèse de 4,1 personnes par ménage pour toute la période de l'analyse a été retenue en raison de la difficulté de prévoir la taille des ménages dans le futur. Une simulation a toutefois été effectuée sur la taille des ménages en utilisant la tendance décroissante observée entre 1970 et 1990 à un taux annuel moyen de -1,0264%. Ainsi, selon cette simulation, la taille moyenne des ménages vénézuéliens débiterait en 2005 à 4,1 personnes pour décroître linéairement à 3,34 personnes en 2025. L'impact de cette simulation sur les résultats financiers est discuté à la section 4.4.

Le rendement financier visé est de 13,73%. Ce taux représente le taux d'intérêt réel à long terme (8,73%) auquel est ajouté, par hypothèse, un 5% additionnel en guise de prime de risque. La prime de risque est ajoutée en raison du fait qu'il se peut que le taux de recouvrement des taxes sur l'assainissement soit inférieur à 100%, tel que posé comme hypothèse dans cette étude. Une simulation du taux de recouvrement (100% - 75% - 50%) des taxes a été effectuée et sera discuté à la section 4.4.

## **4.2 Revenus d'opération**

Les revenus d'opération sont constitués des tarifs/redevances appliqués aux logements touchés par le projet et ont été comptabilisés selon le pourcentage de mise en œuvre des travaux. Ainsi, 4% du revenu d'opération a été comptabilisé à l'année 2005 pour atteindre 100%, en 2016, lorsque l'ensemble des ouvrages de collecte et de traitement des eaux usées prévus au projet sera construit.

Les revenus d'opération ont été calculés en multipliant le montant du tarif par le nombre de logements estimés. Le nombre de logements touchés par le projet a été obtenu en divisant la population affectée par le projet par le nombre moyen de personnes par ménage. Comme il a été estimé que chaque ménage possédait un seul logement, il a été possible d'estimer le nombre de logements pour la période de 2005 à 2025. Le tarif pour l'assainissement est ainsi appliqué par unité de logement.

## **4.3 Flux monétaires**

Une fois les revenus, les coûts d'opération et les investissements identifiés, il est possible d'établir les flux monétaires nets annuels (revenus de taxes moins les investissements et les

coûts d'opération). C'est à partir de ces flux monétaires nets que le taux de rendement interne est calculé.

Il est à noter qu'une valeur résiduelle des infrastructures a été évaluée à 180 M \$US et ajoutée à l'année 2025. En effet, comme certaines infrastructures ont une durée de vie de plus de 20 ans et que l'analyse financière se limite à 20 ans, il importe d'estimer la valeur résiduelle des infrastructures pour les années de vie utile qui leur reste au-delà des 20 ans de l'horizon temporel.

#### **4.4 Résultats de l'analyse de rentabilité financière**

Sur la base du nombre de logements bénéficiant du projet, plusieurs niveaux de tarifs ont été simulés afin de trouver celui qui permettait d'obtenir des revenus suffisants pour garantir un rendement réel de 13,73%.

Ainsi, pour que le projet puisse minimalement couvrir les investissements, les frais d'opération et d'entretien ainsi que les frais de financement, il faut que le tarif moyen, applicable à chaque logement bénéficiant du projet, soit de 159,33 \$US par an (tableau 4.2). Ceci représente un paiement mensuel de 13,28 \$US par ménage. En sachant qu'il y a en moyenne 1,78<sup>7</sup> personnes actives par ménage dans la zone d'étude, on peut comparer ce paiement mensuel au revenu familial mensuel moyen en 2005 (417 500 Bolivars par mois X 1,78 personnes, soit près de 345 \$US), on remarque que le paiement mensuel de 13,28 \$US pour le service d'assainissement représenterait 3,85 % du revenu mensuel du ménage.

Selon un rapport du PNUD<sup>8</sup>, l'Organisation Panaméricaine de la Santé (OPS) recommande que les factures d'eau et d'assainissement ne soient pas supérieures à 5% du revenu familial. Ce même rapport présente également l'expérience de la société chilienne EMOS, une société commerciale publique qui traite et livre l'eau potable à environ 5 millions de personnes dans la région métropolitaine de Santiago au Chili et qui recueille également les eaux usées générées par environ 5,5 millions de personnes. Selon l'expérience de l'EMOS, le tarif pour l'assainissement représente 39,5% de la facture totale (eau et assainissement). Ceci voudrait

---

<sup>7</sup> Instituto Nacional de Estadísticas (INE) (nombre de personnes occupées/nombre de ménages dans le Distrito Capital)

<sup>8</sup> PNUD – Banque Mondiale pour l'eau et l'assainissement, *Assainissement du milieu urbain – Séries de documents de travail – Relations entre les municipalités et les sociétés d'eau et d'assainissement – Une expérience en matière de lutte contre la pauvreté urbaine*, par Raquel Alfaro, Novembre 1996.



dire qu'avec une redevance mensuelle de 13,28 \$US pour l'assainissement, la facture totale (pour des services d'eau et d'assainissement à Caracas) représenterait 9,74% du revenu mensuel (33,61 \$US / 345 \$US). Ce taux dépasse les 5% recommandés par l'OPS. Pour que la capacité de payer des ménages soit respectée (c'est-à-dire qu'elle soit en deçà de 5% du revenu mensuel), il faudrait que le tarif mensuel sur l'assainissement ne dépasse pas les 6,80 \$US (81,60 \$US annuellement), un tarif qui engendre un TRI beaucoup trop faible (incalculable) et une valeur actualisée nette négative.

En effet, en considérant la capacité des bénéficiaires à payer un tarif annuel de 81,60 \$US et en retenant un taux de recouvrement de 100%, on obtient une valeur actualisée nette négative de -233 323 000 \$US (tableau 4.3). Le projet n'est pas financièrement rentable.

Selon la première simulation voulant que la taille des ménages soit décroissante dans le temps à un taux annuel de -1,0264%, les ménages devraient payer un montant annuel de 144,20 \$US pour rendre le projet financièrement rentable, un montant qui dépasse leur capacité de payer (81,60 \$US). Selon cette première simulation, le projet n'est pas financièrement rentable et il faudra subventionner le projet à la hauteur de 207 559 000 \$US.

Les résultats de la deuxième simulation, qui porte sur le taux de recouvrement, indiquent qu'avec un taux de recouvrement de 75% le tarif annuel passe du 159,33 \$US initial à 212,44 \$US et le projet nécessite alors une subvention de 294 558 000 \$US. Avec un taux de recouvrement de 50%, on obtient un tarif de 318,66 \$US/an/logement ce qui fait en sorte que le projet n'est encore une fois pas financièrement rentable et que la subvention nécessaire s'élève à 355 793 000 \$US.

Ainsi, indépendamment des diverses simulations sur les hypothèses de base du modèle présenté au tableau 4.1, le projet, en respectant la capacité de payer des bénéficiaires, n'est pas financièrement rentable. L'analyse économique qui suit vérifiera, entre autres, s'il est rentable de subventionner ce projet afin de le rendre intéressant pour un promoteur et elle indiquera quel est le montant maximum que le gouvernement pourrait octroyer en subvention.

Comme nous le verrons plus tard dans l'analyse économique, un des bénéfices du projet sera la réduction des dépenses de l'État consacrées au traitement des maladies d'origine hydrique. En sachant que l'État finance ses dépenses en santé via la taxation, on pourrait penser que la

baisse des coûts en santé occasionnerait une baisse de taxes pour les ménages ce qui augmenterait en retour le revenu familial et forcément la capacité de payer des bénéficiaires du projet. Par contre, dans le cadre de cette analyse, il a été retenu que le gouvernement ne réduira pas le niveau de taxation et qu'il ne fera que redistribuer ses économies en frais de santé à d'autres postes budgétaires.

**Tableau 4.2**  
**Flux monétaires de l'analyse de rentabilité financière**

**TABLEAU 4.2**

**ANALYSE DE L'INVESTISSEMENT (en \$US constants)**

A - HYPOTHÈSES											
Période d'analyse (2005 à 2025)	2 005	2 006	2 007	2 008	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	2 015
Taxe annuelle proposée par logement (\$US) :	159,3	159,3	159,3	159,3	159,3	159,3	159,3	159,3	159,3	159,3	159,3
Taux de croissance annuel de la population :	0,82%										
Taxe de vente sur achats de biens locaux (IVA) :	17,00%										
Population totale touchées par le projet	3 480 912	3 510 145	3 539 379	3 568 613	3 597 847	3 627 081	3 656 315	3 685 548	3 714 782	3 746 900	3 779 019
Nombre moyen de personnes par ménage	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10
Nombre de ménages = nombre de logements	849 000	856 100	863 300	870 400	877 500	884 700	891 800	898 900	906 000	913 900	921 700
B - REVENUS D'OPÉRATION (milliers de \$US)											
Avancement des travaux	4%	7%	13%	25%	42%	58%	68%	70%	72%	75%	88%
Mise en œuvre des travaux (base de tarification)	4%	7%	13%	25%	42%	58%	68%	70%	72%	75%	88%
Revenu de taxe d'assainissement	5 411	9 548	17 881	34 670	58 721	81 756	96 622	100 255	103 934	109 209	129 232
TOTAL	5 411	9 548	17 881	34 670	58 721	81 756	96 622	100 255	103 934	109 209	129 232
C - COÛTS D'OPÉRATION (milliers de \$US)											
Frais d'entretien (réseau de collecte)	181	363	540	718	895	1 073	2 084	2 261	2 439	2 439	2 439
Frais d'opération et d'entretien (station de traitement)	0	0	0	0	0	0	27 160	28 358	31 194	31 537	34 835
TOTAL DES COÛTS DES OPÉRATIONS	181	363	540	718	895	1 073	29 243	30 619	33 632	33 975	37 273
D - REVENUS NETS (milliers de \$US)											
Revenus nets	5 229	9 185	17 341	33 952	57 826	80 684	67 378	69 636	70 302	75 233	91 959
E - INVESTISSEMENTS (milliers de \$US)											
Système de collecte principal	10 241	10 241	9 854	9 854	9 854	9 854	9 854	9 854	9 854	0	0
Assainissement des barrios	7 757	7 757	7 757	7 757	7 757	7 757	7 757	7 757	7 757	0	0
Station de traitement	11 287	10 000	34 731	76 058	124 541	115 400	62 174	0	0	21 206	104 035
TOTAL	29 285	27 998	52 342	93 669	142 152	133 011	79 785	17 611	17 611	21 206	104 035
F - FLUX MONÉTAIRES (milliers de \$US)											
Flux monétaires	(24 055)	(18 812)	(35 001)	(59 717)	(84 327)	(52 328)	(12 407)	52 025	52 691	54 027	(12 076)
Valeur résiduelle des immobilisations	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flux monétaires	(24 055)	(18 812)	(35 001)	(59 717)	(84 327)	(52 328)	(12 407)	52 025	52 691	54 027	(12 076)
G - TAUX DE RENDEMENT INTERNE (TRI)											
	13,73%										
H - VALEURS ACTUALISÉES (en milliers de \$US)											
VA des revenus totaux				478 263							
VA des coûts totaux				(478 263)							
Valeur actualisée nette (VAN)				0							

**Tableau 4.2**  
**Flux monétaires de l'analyse de rentabilité financière (suite)**

TABLEAU 4.2

**ANALYSE DE L'INVESTISSEMENT (en \$US constants)**

A - HYPOTHÈSES		Période d'analyse (2005 à 2025)	2 016	2 017	2 018	2 019	2 020	2 021	2 022	2 023	2 024	2 025
Taxe annuelle proposée par logement (\$US) :			159,3	159,3	159,3	159,3	159,3	159,3	159,3	159,3	159,3	159,3
Taux de croissance annuel de la population :			0,82%									
Taxe de vente sur achats de biens locaux (IVA) :			17,00%									
Population totale touchées par le projet			3 811 137	3 843 255	3 875 373	3 907 491	3 939 609	3 971 727	4 003 845	4 035 963	4 068 081	4 100 200
Nombre moyen de personnes par ménage			4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10
Nombre de ménages = nombre de logements			929 500	937 400	945 200	953 000	960 900	968 700	976 500	984 400	992 200	1 000 000
<b>B - REVENUS D'OPÉRATION (milliers de \$US)</b>												
Avancement des travaux			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Mise en œuvre des travaux (base de tarification)			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Revenu de taxe d'assainissement			148 097	149 356	150 599	151 841	153 100	154 343	155 586	156 844	158 087	159 330
<b>TOTAL</b>			<b>148 097</b>	<b>149 356</b>	<b>150 599</b>	<b>151 841</b>	<b>153 100</b>	<b>154 343</b>	<b>155 586</b>	<b>156 844</b>	<b>158 087</b>	<b>159 330</b>
<b>C - COÛTS D'OPÉRATION (milliers de \$US)</b>												
Frais d'entretien (réseau de collecte)			2 593	2 593	2 593	2 593	2 593	2 593	2 593	2 593	2 593	2 593
Frais d'opération et d'entretien (station de traitement)			38 445	38 546	38 645	38 741	38 834	38 926	39 096	39 446	42 857	47 305
<b>TOTAL DES COÛTS DES OPÉRATIONS</b>			<b>41 038</b>	<b>41 139</b>	<b>41 238</b>	<b>41 334</b>	<b>41 427</b>	<b>41 519</b>	<b>41 689</b>	<b>42 039</b>	<b>45 450</b>	<b>49 898</b>
<b>D - REVENUS NETS (milliers de \$US)</b>												
Revenus nets			107 059	108 217	109 361	110 508	111 673	112 824	113 897	114 805	112 637	109 432
<b>E - INVESTISSEMENTS (milliers de \$US)</b>												
Système de collecte principal			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Assainissement des barrios			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Station de traitement			97 724	0	0	0	0	0	1 645	5 303	66 720	79 332
<b>TOTAL</b>			<b>97 724</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1 645</b>	<b>5 303</b>	<b>66 720</b>	<b>79 332</b>
<b>F - FLUX MONÉTAIRES (milliers de \$US)</b>												
Flux monétaires			9 335	108 217	109 361	110 508	111 673	112 824	112 252	109 503	45 917	30 100
Valeur résiduelle des immobilisations			0	0	0	0	0	0	0	0	0	180 494
<b>Flux monétaires</b>			<b>9 335</b>	<b>108 217</b>	<b>109 361</b>	<b>110 508</b>	<b>111 673</b>	<b>112 824</b>	<b>112 252</b>	<b>109 503</b>	<b>45 917</b>	<b>210 594</b>
<b>G - TAUX DE RENDEMENT INTERNE (TRI)</b>			13,73%									
<b>H - VALEURS ACTUALISÉES (en milliers de \$US)</b>												
VA des revenus totaux						478 263						
VA des coûts totaux						(478 263)						
Valeur actualisée nette (VAN)						0						

page 2 de 2

**Tableau 4.3**  
**Flux monétaires de l'analyse de rentabilité financière selon la capacité de payer des bénéficiaires**

TABLEAU 4.2

**ANALYSE DE L'INVESTISSEMENT (en \$US constants)**

<b>A - HYPOTHÈSES</b>											
Période d'analyse (2005 à 2025)	2 005	2 006	2 007	2 008	2 009	2 010	2 011	2 012	2 013	2 014	2 015
Taxe annuelle proposée par logement (\$US) :	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6
Taux de croissance annuel de la population :	0,82%										
Taxe de vente sur achats de biens locaux (IVA) :	17,00%										
Population totale touchées par le projet	3 480 912	3 510 145	3 539 379	3 568 613	3 597 847	3 627 081	3 656 315	3 685 548	3 714 782	3 746 900	3 779 019
Nombre moyen de personnes par ménage	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10
Nombre de ménages = nombre de logements	849 000	856 100	863 300	870 400	877 500	884 700	891 800	898 900	906 000	913 900	921 700
<b>B - REVENUS D'OPÉRATION (milliers de \$US)</b>											
Avancement des travaux	4%	7%	13%	25%	42%	58%	68%	70%	72%	75%	88%
Mise en œuvre des travaux (base de tarification)	4%	7%	13%	25%	42%	58%	68%	70%	72%	75%	88%
Revenu de taxe d'assainissement	2 771	4 890	9 158	17 756	30 074	41 871	49 484	51 345	53 229	55 931	66 185
<b>TOTAL</b>	<b>2 771</b>	<b>4 890</b>	<b>9 158</b>	<b>17 756</b>	<b>30 074</b>	<b>41 871</b>	<b>49 484</b>	<b>51 345</b>	<b>53 229</b>	<b>55 931</b>	<b>66 185</b>
<b>C - COÛTS D'OPÉRATION (milliers de \$US)</b>											
Frais d'entretien (réseau de collecte)	181	363	540	718	895	1 073	2 084	2 261	2 439	2 439	2 439
Frais d'opération et d'entretien (station de traitement)	0	0	0	0	0	0	27 160	28 358	31 194	31 537	34 835
<b>TOTAL DES COÛTS DES OPÉRATIONS</b>	<b>181</b>	<b>363</b>	<b>540</b>	<b>718</b>	<b>895</b>	<b>1 073</b>	<b>29 243</b>	<b>30 619</b>	<b>33 632</b>	<b>33 975</b>	<b>37 273</b>
<b>D - REVENUS NETS (milliers de \$US)</b>											
Revenus nets	2 590	4 527	8 618	17 038	29 178	40 798	20 241	20 726	19 597	21 955	28 912
<b>E - INVESTISSEMENTS (milliers de \$US)</b>											
Système de collecte principal	10 241	10 241	9 854	9 854	9 854	9 854	9 854	9 854	9 854	0	0
Assainissement des barrios	7 757	7 757	7 757	7 757	7 757	7 757	7 757	7 757	7 757	0	0
Station de traitement	11 287	10 000	34 731	76 058	124 541	115 400	62 174	0	0	21 206	104 035
<b>TOTAL</b>	<b>29 285</b>	<b>27 998</b>	<b>52 342</b>	<b>93 669</b>	<b>142 152</b>	<b>133 011</b>	<b>79 785</b>	<b>17 611</b>	<b>17 611</b>	<b>21 206</b>	<b>104 035</b>
<b>F - FLUX MONÉTAIRES (milliers de \$US)</b>											
Flux monétaires	(26 695)	(23 471)	(43 725)	(76 631)	(112 974)	(92 213)	(59 545)	3 115	1 986	749	(75 123)
Valeur résiduelle des immobilisations	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Flux monétaires</b>	<b>(26 695)</b>	<b>(23 471)</b>	<b>(43 725)</b>	<b>(76 631)</b>	<b>(112 974)</b>	<b>(92 213)</b>	<b>(59 545)</b>	<b>3 115</b>	<b>1 986</b>	<b>749</b>	<b>(75 123)</b>
<b>G - TAUX DE RENDEMENT INTERNE (TRI) (incalculable)</b>											
<b>H - VALEURS ACTUALISÉES (en milliers de \$US)</b>											
VA des revenus totaux				244 940							
VA des coûts totaux				(478 263)							
Valeur actualisée nette (VAN)				(233 323)							

**Tableau 4.3**  
**Flux monétaires de l'analyse de rentabilité financière selon la capacité de payer des bénéficiaires (suite)**

TABLEAU 4.2

**ANALYSE DE L'INVESTISSEMENT (en \$US constants)**

A - HYPOTHÈSES		Période d'analyse (2005 à 2025)	2 016	2 017	2 018	2 019	2 020	2 021	2 022	2 023	2 024	2 025
Taxe annuelle proposée par logement (\$US) :			81,6	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6	81,6
Taux de croissance annuel de la population :			0,82%									
Taxe de vente sur achats de biens locaux (IVA) :			17,00%									
Population totale touchées par le projet			3 811 137	3 843 255	3 875 373	3 907 491	3 939 609	3 971 727	4 003 845	4 035 963	4 068 081	4 100 200
Nombre moyen de personnes par ménage			4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10	4,10
Nombre de ménages = nombre de logements			929 500	937 400	945 200	953 000	960 900	968 700	976 500	984 400	992 200	1 000 000
B - REVENUS D'OPÉRATION (milliers de \$US)												
Avancement des travaux			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Mise en œuvre des travaux (base de tarification)			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Revenu de taxe d'assainissement			75 847	76 492	77 128	77 765	78 409	79 046	79 682	80 327	80 964	81 600
TOTAL			75 847	76 492	77 128	77 765	78 409	79 046	79 682	80 327	80 964	81 600
C - COÛTS D'OPÉRATION (milliers de \$US)												
Frais d'entretien (réseau de collecte)			2 593	2 593	2 593	2 593	2 593	2 593	2 593	2 593	2 593	2 593
Frais d'opération et d'entretien (station de traitement)			38 445	38 546	38 645	38 741	38 834	38 926	39 096	39 446	42 857	47 305
TOTAL DES COÛTS DES OPÉRATIONS			41 038	41 139	41 238	41 334	41 427	41 519	41 689	42 039	45 450	49 898
D - REVENUS NETS (milliers de \$US)												
Revenus nets			34 809	35 353	35 891	36 431	36 982	37 527	37 994	38 288	35 513	31 702
E - INVESTISSEMENTS (milliers de \$US)												
Système de collecte principal			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Assainissement des barrios			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Station de traitement			97 724	0	0	0	0	0	1 645	5 303	66 720	79 332
TOTAL			97 724	0	0	0	0	0	1 645	5 303	66 720	79 332
F - FLUX MONÉTAIRES (milliers de \$US)												
Flux monétaires			(62 915)	35 353	35 891	36 431	36 982	37 527	36 349	32 985	(31 207)	(47 630)
Valeur résiduelle des immobilisations			0	0	0	0	0	0	0	0	0	180 494
Flux monétaires			(62 915)	35 353	35 891	36 431	36 982	37 527	36 349	32 985	(31 207)	132 864
G - TAUX DE RENDEMENT INTERNE (TRI)			(incalculable)									
H - VALEURS ACTUALISÉES (en milliers de \$US)												
VA des revenus totaux							244 940					
VA des coûts totaux							(478 263)					
Valeur actualisée nette (VAN)							(233 323)					

page 2 de 2

## 5 ANALYSE DE LA RENTABILITÉ ÉCONOMIQUE

### 5.1 Principes méthodologiques

La méthodologie proposée a été inspirée de diverses études dans le domaine, dont, entre autres, une étude de l'OMS portant sur l'assainissement et la santé<sup>9</sup>. Par ailleurs, une mission sur le terrain, effectuée en 2005, a permis d'obtenir les données de base nécessaires à cette analyse.

#### 5.1.1 Modèle d'analyse

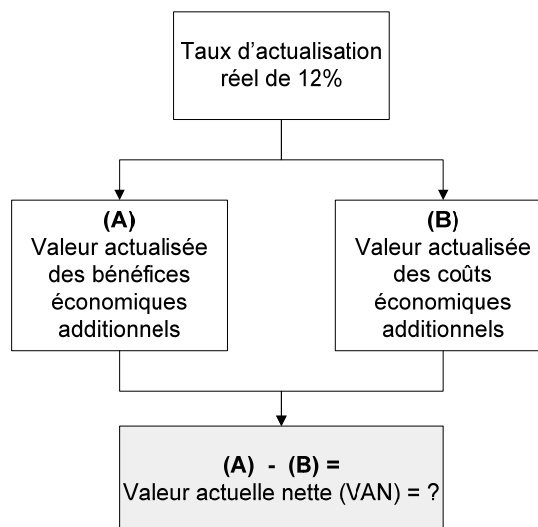
Le modèle d'analyse avantages-coûts utilisé pour cette étude a la forme générale suivante :

Formule de la Valeur Actualisée nette (VAN) :

$$\sum_{t=1}^{Durée} \frac{Bénéfices_t}{(1+t)^t} - \sum_{p=1}^{Durée} \frac{Coûts_p}{(1+t)^p} = VAN$$

De façon schématique, la méthode de calcul de la valeur actualisée nette se présente à la figure 5.1 comme suit :

**Figure 5.1**  
**Méthode de calcul de la valeur actualisée nette**



<sup>9</sup> WHO/OMS, (Guy Hutton, Laurence Haller) - *Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level*, Geneva, 2004

Les flux économiques ont été élaborés en dollars constants de façon incrémentale, c'est-à-dire que ce sont les bénéfices et coûts additionnels, générés par la présence du projet, qui ont été pris en compte dans l'analyse. En d'autres termes le modèle compare la situation avec projet par rapport à la situation de référence (situation sans projet).

De plus, comme il s'agit d'une analyse de rentabilité économique, les prix financiers de l'analyse de rentabilité financière ont été corrigés de façon à obtenir les prix de référence. En analyse économique la correction des prix financiers en prix économiques consiste à éliminer toute distorsion du marché, telle que les frais de douanes, les taxes et autres distorsions économiques du genre.

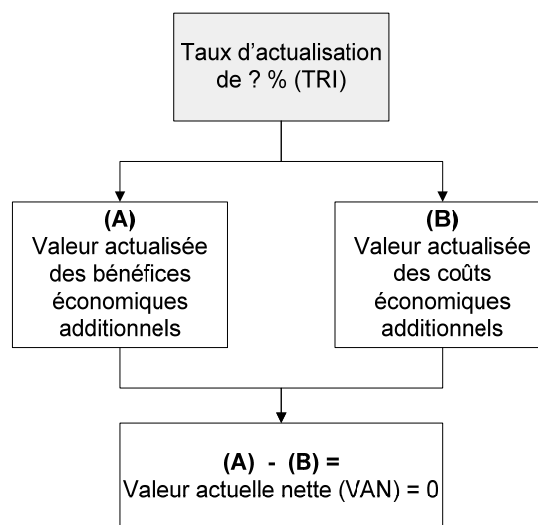
Hormis la valeur actualisée nette, le taux de rendement interne (TRI) constitue un autre critère de rentabilité économique.

La formule générale du Taux de rendement interne (TRI) est la suivante :

$$\sum_{t=1}^{Durée} \frac{Bénéfices_t}{(1 + tri?)^t} - \sum_{p=1}^{Durée} \frac{Coûts_p}{(1 + tri?)^p} = VAN = 0$$

La méthode de calcul du TRI peut être illustrée de la manière suivante (figure 5.2):

**Figure 5.2**  
**Méthode de calcul du taux de rendement interne**





Le TRI est le taux d'actualisation avec lequel la valeur actualisée des bénéfices additionnels futurs est égale au coût du projet. En d'autres termes, le TRI est le taux de rendement d'un investissement, calculé en s'assurant que le taux de rendement est le taux par lequel la valeur actualisée des bénéfices égale la valeur de l'investissement. L'analyse par le critère du TRI peut ainsi trouver le taux d'intérêt qui équivaut aux rendements prévus pour le projet.

L'un des avantages du TRI réside dans le fait que, tout comme avec la valeur actualisée nette (VAN), ce critère prend en compte la valeur temporelle de l'argent. La valeur temporelle de l'argent est un concept qui stipule qu'un dollar reçu aujourd'hui vaut plus qu'un dollar reçu à un autre moment dans le futur, car le dollar reçu aujourd'hui peut être investi dans les marchés financiers et générer des intérêts.

Le TRI a été calculé à même les flux nets utilisés pour calculer la valeur actualisée nette (VAN).

#### 5.1.2 Taux d'actualisation

Le taux d'actualisation réel utilisé dans la présente étude, pour actualiser les bénéfices et les coûts du projet, est de 12%<sup>10</sup>. Ce taux a été sélectionné car c'est le taux d'actualisation utilisé par la Banque Mondiale dans l'évaluation économique de ce type de projet.

Il est à noter qu'une analyse de sensibilité sur le taux d'actualisation a été effectuée afin d'évaluer les résultats du projet selon divers scénarii de taux d'actualisation (réf. : chapitre 6).

#### 5.1.3 Horizon temporel

Tout comme dans l'analyse financière, l'horizon temporel de l'étude de rentabilité économique est de 20 ans. L'analyse est donc effectuée sur la période de 2005 à 2025.

#### 5.1.4 Valeur résiduelle

Les multiples ouvrages civils et équipements du projet d'assainissement ont diverses durées de vie utile (tableau 3.3). Comme l'horizon de l'étude est de 20 ans, une valeur résiduelle a été estimée pour les infrastructures dont la durée de vie est plus grande que 20 ans. La valeur résiduelle est égale à la valeur non amortie de l'investissement actualisé à la fin de la période d'analyse, soit à l'année 2025.

---

<sup>10</sup> Source 1 : Commissariat Général du Plan, *Révision du taux d'actualisation des investissements publics*, 21 janvier 2005, p.45 et Source 2 : World Bank, *At a level of Sectoral Reforms and Regional Plans : Case studies of Columbia*, by J. D. Quintero

## **5.2 Calcul des coûts économiques**

Les coûts considérés dans l'analyse avantages-coûts sont les coûts d'investissement et les frais d'opération et d'entretien annuels du réseau de collecte et de la station de traitement. Les coûts d'investissement sont échelonnés dans le temps car la construction prendra plus d'un an et parce que la planification des infrastructures dans le temps s'est effectuée afin de s'assurer que ces dernières répondent à la demande future (dans les limites de l'horizon temporel).

### **5.2.1 Coûts d'investissement**

Tel que mentionné précédemment, l'analyse économique doit se faire sur la base de prix économiques (prix de référence), prix qui diffèrent des prix financiers. En effet, les prix financiers, observés sur le marché, ne reflètent pas toujours la vraie valeur économique des biens et services auxquels ils se rapportent. Ceci est dû au fait qu'on n'observe pas de concurrence pure et parfaite dans les marchés en raison, entre autres, de la présence de monopoles, d'oligopoles, de la mauvaise circulation de l'information (information incomplète), et aussi à cause de l'intervention de l'État sous forme de taxes, de règlements et d'autres formes de politiques économiques. Le principe de prix économiques est de tenir compte de ces types de distorsions.

#### **5.2.1.1 Calcul du prix économique des investissements**

En ce qui concerne les coûts d'investissement du projet, les facteurs de production importés pour la construction des infrastructures ont été distingués des facteurs de production locaux. Il est à noter que les facteurs de production importés ne sont pas produits localement.

Ainsi, les prix économiques des facteurs de production importés ont pu être établis en prenant soin de retrancher les droits de douane afférents (prix c.a.f.), en ajoutant les coûts de transport de ces biens entre le point d'entrée au pays et le site du projet (coûts de transfert internes) et en leur appliquant un facteur de conversion standard (SCF) qui vise à transformer les prix locaux, avec distorsions, en prix frontières.

Les hypothèses suivantes ont été posées :

- les droits de douane sur la valeur des importations livrées au Venezuela sont de 15%<sup>11</sup> sur les équipements et la machinerie;
- les prix locaux ont été exprimés hors taxes;
- le coût de transport interne des biens importés, entre le port d'arrivée et le site du projet (+/- 60 km), ont été estimés par les ingénieurs à 0,43% de leur valeur totale;
- Le SCF est estimé à 0,9091

La formule du SCF est la suivante :

$$\text{SCF} = \frac{M + X}{(M + t_m) + (X - t_x)}$$

où,

M = Importations totales du pays en 2005<sup>12</sup>

X = Exportations totales du pays en 2005<sup>8</sup>

t<sub>m</sub> = Taxes sur les importations<sup>13</sup>

t<sub>x</sub> = Subventions sur les exportations<sup>14</sup>

Les hypothèses de calcul du SCF sont les suivantes :

- M = 20 022 000 \$US
- X = 9 769 000 \$US
- t<sub>m</sub> = 12,5%
- t<sub>x</sub> = 0,245 %

Selon cette formule, le SCF à appliquer sur les coûts des biens échangeables, c'est-à-dire aux biens importés du projet, est de 0,9091.

---

<sup>11</sup> Source : Association latinoaméricaine d'intégration, [en ligne] [www.aladi.org](http://www.aladi.org) , 20 mai 2005

<sup>12</sup> Instituto Nacional de Estadísticas (INE), [en ligne] <http://www.ine.gov.ve>, Section sur le commerce extérieur, consulté le 24 février 2006

<sup>13</sup> Les tarifs douaniers à l'importation du Venezuela varient entre 10 et 15%, c'est pourquoi le tarif moyen de 12,5% est retenu

<sup>14</sup> Le Venezuela n'accorde des subventions à l'exportation que pour les produits agricoles qui représentaient, en 2005, 1% des exportations totales. Selon les niveaux d'engagements annuels conclus entre le pays et l'OMC, le taux de subvention maximal serait de 24,5% pour les produits agricoles. C'est pourquoi le taux de 0,245 % est retenu. Source : OMC, *Examen des politiques commerciales – Venezuela, Rapport du secrétariat*, page 100, 30 octobre 2002.

### 5.2.1.2 Calcul du prix économique de la main-d'oeuvre

Les prix financiers de la main-d'œuvre ont été corrigés selon la méthode de Jenkins et Kuo<sup>15</sup> afin d'en obtenir leur coût d'opportunité.

Comme il existe un système d'assurance chômage, des syndicats et un salaire minimum au Venezuela, c'est la formule du coût d'opportunité de la main-d'œuvre (COM) suivante qui a été retenue pour exprimer le coût économique de la main-d'œuvre locale :

$$\text{COM} = pW + (52-p) \left[ \frac{(W-BfU)(1-t_m)}{B} \right] , \text{ où}$$

- COM = coût d'opportunité de la main-d'œuvre  
p = proportion de la période où le travailleur espère travailler (en semaines)  
W = salaire hebdomadaire que le travailleur gagnerait s'il travaillait pendant une semaine complète  
f = proportion de la période de chômage pendant laquelle des prestations d'assurance-chômage sont payées  
U = paiements d'assurance chômage par semaine  
t<sub>m</sub> = taux marginal d'impôt  
B = ratio de distorsion du syndicat et du salaire minimum (salaire nominal / salaire concurrentiel)

Les hypothèses de calcul du COM sont les suivantes :

- On paye en moyenne 18 semaines de chômage au Venezuela<sup>16</sup>
- f = 0,692 (18 des 26 semaines<sup>17</sup> de chômage en moyenne sont effectivement payées par l'assurance chômage)
- p = 26 semaines (52 semaines moins 26 semaines de chômage)
- W = 130 \$US / semaine<sup>18</sup>

---

<sup>15</sup> Jenkins et Kuo (1978) et (1985)

<sup>16</sup> Inter-American Development Bank, Jacqueline Mazza, « Unemployment Insurance : Case Studies and Lessons for Latin America and the Caribbean », mai 1999. Cette donnée a été confirmée par la Gaceta Laboral du mois de mai 2003 - FERNANDEZ, María Eugenia, SALAZAR BORREGO, Neiza, DIAZ, Luis Eduardo et al. TEMA III Protección social de los desempleados: VENEZUELA, Cuestionario para la preparación de informes nacionales. Gaceta Laboral. [online]. mayo 2003, vol.9, no.2 [citado 29 Enero 2006], p.247-280. Disponible en la World Wide Web: <[http://150.185.136.100/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-85972003000200005&lng=es&nrm=iso](http://150.185.136.100/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-85972003000200005&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1315-8597.

<sup>17</sup> Selon l'enquête par échantillonnage auprès des ménages du Venezuela effectuée en 2005, le nombre moyen de semaine en chômage est de 26.

- $U = 78 \text{ \$US}$  (60% du salaire)
- $t_m = 6\%$
- $B = 1,075$  (le syndicat et le salaire minimum font en sorte que le salaire nominal est 7,5% plus élevé que le salaire concurrentiel)<sup>19</sup>

Ainsi, pour un salaire annuel local de 6 775 \$US par an, le COM correspond à 5 015 \$US, ce qui donne un ratio de 0,74022 (5 015 \$US / 6 775 \$US).

Il est à noter que puisque la main-d'œuvre expatriée n'est pas sujette à l'impôt local sur le revenu ni à l'assurance chômage dans le cadre de ce projet, le coût financier de cette main-d'œuvre est égal à son coût économique.

#### 5.2.1.3 Investissements totaux en prix économiques

Le tableau 5.1 résume les résultats de la transformation des prix financiers de l'investissement en prix économiques. Tous les coûts sont en \$US et en unité constante de 2005.

---

<sup>18</sup> Le salaire moyen annuel des employés nécessaires au projet est de 6775 \$US par an, soit 130 \$US par semaine.

<sup>19</sup> Le « boletín del observatorio del mercado de trabajo y la seguridad social No. 7, de la « Universidad externado de Colombia », présente les résultats de l'étude de Messieurs Aïdt et Tzannatos (2002) qui indique que les salaires des employés syndiqués dans le monde sont généralement entre 5 à 10% plus élevés que ceux des employés non syndiqués. Cette étude indique également, que dans le cas de pays en développement, l'écart entre le salaire d'un employé syndiqué et celui d'un non syndiqué est plus grand dans les pays à revenus moindres que dans les pays à revenu plus élevé. Un écart moyen de 7,5% a été retenu pour la présente étude. Cette hypothèse concorde avec les résultats du rapport de MM. Marc van Audenrode, Patrick Lefebvre et Jimmy Royer de l'Université Laval et du Groupe d'analyse économique (Estimation des conséquences économiques d'une réduction de la portée de l'article 45 du code du travail, Novembre 2000), qui indique que l'effet net de la syndicalisation au Québec aurait pour effet de rendre les salaires des employés syndiqués 7,8% plus élevés que ceux des employés non syndiqués.

**Tableau 5.1**  
**Coût économique des investissements (en \$US de 2005)**

Année	Équipements et matériaux locaux	Équipements et matériaux importés	Main- d'œuvre locale	Main- d'œuvre étrangère	Investissements totaux (arrondis)	
					Prix économique	Prix financier (pour rappel)
2005	7 067 333	2 770 252	8 852 442	5 569 333	<b>24 260 000</b>	29 280 000
2006	5 967 333	2 770 252	8 852 442	5 569 333	<b>23 160 000</b>	28 000 000
2007	17 213 390	10 307 230	12 428 507	2 432 433	<b>42 380 000</b>	52 340 000
2008	28 635 040	23 127 333	20 637 850	3 159 258	<b>75 560 000</b>	93 670 000
2009	28 626 687	57 025 408	23 566 085	4 999 912	<b>114 220 000</b>	142 150 000
2010	25 485 257	55 609 475	20 857 481	4 976 427	<b>106 930 000</b>	133 010 000
2011	15 909 577	30 440 049	14 501 195	3 242 507	<b>64 090 000</b>	79 790 000
2012	5 836 190	2 700 841	5 053 673	554 762	<b>14 150 000</b>	17 610 000
2013	5 836 190	2 700 841	5 053 673	554 762	<b>14 150 000</b>	17 610 000
2014	5 860 900	6 578 501	4 264 223	303 150	<b>17 010 000</b>	21 210 000
2015	18 734 500	45 335 616	14 971 545	4 789 501	<b>83 830 000</b>	104 040 000
2016	14 776 800	46 926 394	11 997 416	5 122 771	<b>78 820 000</b>	97 720 000
2017	-	-	-	-	-	0
2018	-	-	-	-	-	0
2019	-	-	-	-	-	0
2020	-	-	-	-	-	0
2021	-	-	-	-	-	0
2022	868 260	261 470	210 574	14 970	<b>1 360 000</b>	1 640 000
2023	2 799 515	843 052	678 949	48 268	<b>4 370 000</b>	5 300 000
2024	35 224 628	10 607 619	8 542 810	607 321	<b>54 980 000</b>	66 720 000
2025	41 882 941	12 612 717	10 157 609	722 120	<b>65 380 000</b>	79 330 000

Source : TECSULT International, 2005.

Il est à noter que les investissements effectués à partir de l'année 2022 représentent les frais de remplacement des infrastructures dont la durée de vie utile a été atteinte. Il s'agit des ouvrages dont la durée de vie est de 15 ans, ce qui est le cas pour tous les équipements de la station de traitement prévus au projet.

Les valeurs résiduelles des infrastructures ont été estimées à 180 millions de \$US, et ajoutées aux flux nets de l'année 2025. Il est à noter que puisque l'analyse économique se fait en dollar constant, c'est l'usure physique des infrastructures qui compte dans l'élaboration de la valeur résiduelle et non la valeur marchande des infrastructures. Par ailleurs, comme la technologie

est connue, l'on peut se baser sur les diverses durées de vie des infrastructures présentées au tableau 3.3 pour évaluer la valeur résiduelle.

### 5.2.2 Frais d'opération et d'entretien

En plus des coûts d'investissement, le coût annuel de l'opération et de l'entretien du réseau et de la station de traitement des eaux usées a été estimé. Tel que mentionné précédemment, ces frais comprennent de la main-d'œuvre locale, les frais d'énergie électrique et d'eau, l'achat local de produits chimiques, la disposition des déchets, les frais d'entretien et autres frais divers. Le coût d'opportunité de la main-d'œuvre locale (COM) a été calculé sur la base des mêmes hypothèses utilisées précédemment. Le tableau 5.2 présente lesdits coûts exprimés en prix économiques.

**Tableau 5.2**  
**Coût économique des frais d'opération et d'entretien (en \$US de 2005)**

<b>Année</b>	<b>Main d'œuvre locale</b>	<b>Frais d'entretien et intrants</b>	<b>Frais d'opération totaux (arrondis)</b>
2005	75 440	67 933	<b>143 000</b>
2006	150 880	135 867	<b>287 000</b>
2007	224 702	202 343	<b>427 000</b>
2008	298 525	268 819	<b>567 000</b>
2009	372 347	335 295	<b>708 000</b>
2010	446 169	401 771	<b>848 000</b>
2011	1 136 985	23 681 642	<b>24 819 000</b>
2012	1 210 807	24 772 026	<b>25 983 000</b>
2013	1 284 630	27 262 520	<b>28 547 000</b>
2014	1 284 630	27 555 648	<b>28 840 000</b>
2015	1 284 630	30 374 531	<b>31 659 000</b>
2016	1 398 905	33 460 070	<b>34 859 000</b>
2017	1 398 905	33 546 558	<b>34 945 000</b>
2018	1 398 905	33 630 809	<b>35 030 000</b>
2019	1 398 905	33 712 913	<b>35 112 000</b>
2020	1 398 905	33 792 949	<b>35 192 000</b>
2021	1 398 905	33 870 996	<b>35 270 000</b>
2022	1 398 905	34 016 478	<b>35 415 000</b>
2023	1 398 905	34 315 852	<b>35 715 000</b>
2024	1 398 905	37 231 454	<b>38 630 000</b>
2025	1 398 905	41 032 543	<b>42 431 000</b>

Source : TECSULT International, 2005.

### 5.2.3 Les autres coûts ou externalités négatives du projet

Le projet occasionnera des impacts négatifs (externalités négatives) comme, par exemple, les inconvénients occasionnés lors de la phase de construction, tels que le détournement de routes, la poussière, le bruit ainsi que la pollution occasionnée par les camions de transport nécessaires aux activités de construction.

Ces impacts négatifs n'ont pas été retenus dans la présente étude pour des raisons de difficultés d'évaluation, mais une analyse de sensibilité sur les coûts d'investissement du projet a été effectuée au chapitre 6 afin de tenir compte de ces coûts négatifs.

Fait à noter, l'incinération des boues provenant de la station de traitement ne représente pas un impact négatif découlant de ce projet, car l'incinération de cette matière organique par la station de traitement ne fait qu'accélérer le processus naturel de décomposition des boues. Ceci fait en sorte que le projet ne libérera pas plus de monoxyde de carbone dans l'air en brûlant les boues que la décomposition des boues n'en libèrerait naturellement à moyen terme.

## 5.3 **Calcul des avantages économiques**

Les impacts positifs d'un tel projet d'assainissement pour la société sont nombreux. Les avantages retenus pour fin d'évaluation monétaire sont les avantages reliés à la santé publique.

### 5.3.1 Les avantages reliés à la santé

Les bénéfices du projet d'assainissement de l'AMC, sont de deux ordres:

- les bénéfices directs reliés à la réduction du nombre de cas de maladies d'origine hydrique
- les bénéfices indirects reliés à l'amélioration générale de l'état de santé de la population



#### 5.3.1.1 *Les bénéfices directs reliés à la réduction du nombre de cas de maladies d'origine hydrique*

Tel que mentionné précédemment, le projet d'assainissement a comme objectif de recueillir les eaux usées de l'AMC et de les traiter avant de les rejeter à la rivière. Cette collecte d'eaux usées aura pour conséquence directe de réduire les possibilités de contact entre les habitants de l'AMC et les eaux usées. En effet, le projet réduira le volume d'eaux usées qui se déverse directement à la rivière et diminuera le nombre de mares se créant dans les rues et dans les réseaux d'eaux pluviales lorsque ces derniers sont bouchés par des amas de déchets solides. Ainsi, le projet aura comme conséquence directe de réduire le nombre de cas de maladies hydriques.

Il existe quatre types de maladies reliées à l'eau<sup>20</sup> :

##### 1) Les maladies hydriques

Ces maladies sont causées par l'eau contaminée par des déchets humains, animaux ou chimiques. Elles comprennent, entre autres, le choléra, la typhoïde, la polio, la méningite, l'hépatite A et E et la diarrhée. Ces maladies sont dues à la mauvaise qualité de l'eau. La plupart peuvent être évitées si l'eau est traitée avant d'être utilisée.

##### 2) Les maladies d'origine aquatique

Ces maladies sont causées par des organismes aquatiques qui passent une partie de leur vie dans l'eau et une autre en tant que parasites. Elles comprennent la dracunculose (ver de Guinée), la paragonimiasse, la clonorchiasse et la schistosomiasse. Ces maladies sont causées par toute une variété de Plathelminthes (vers plats), et Nématelminthes (vers ronds), qui infectent les humains. On peut contracter ces types de maladies en se lavant ou en se baignant dans des rivières, lacs ou canaux infectés. Bien que ces maladies ne soient généralement pas mortelles, elles empêchent les personnes atteintes de vivre normalement et diminuent leurs capacités de travail.

---

<sup>20</sup> Année internationale de l'eau douce – 2003 [http://www.wateryear2003.org/fr/ev.php-URL\\_ID=1600&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://www.wateryear2003.org/fr/ev.php-URL_ID=1600&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)

### 3) Les maladies dues aux vecteurs liés à l'eau

Ces maladies sont transmises par les vecteurs, tels que les moustiques et certaines mouches (comme l'anophèle et la mouche tsé-tsé qui est par contre plus particulièrement présente en Afrique), qui se reproduisent ou vivent dans ou près des eaux polluées et non-polluées. Les principales maladies de ce type, présente au Venezuela, sont la malaria et la dengue.

### 4) Les maladies dues à la pénurie d'eau

Ces maladies se développent généralement dans des régions où l'eau est rare et les systèmes d'assainissement faibles. Les principales maladies de ce type sont la trachome et la tuberculose.

La présente étude ne considère que trois groupes de maladies hydriques compris dans ce qu'on appelle les maladies hydriques, les maladies d'origine aquatique et les maladies dues à la pénurie d'eau. Les groupes de maladies ont été tirés des listes officielles établies par le ministère de la Santé et du Développement Social du Venezuela (MSDS). Ces trois groupes de maladies comprennent un ensemble de maladies actuellement présentes dans la zone d'étude et qui sont facilement attribuables à la présence d'eaux usées dans l'environnement.

Voici donc les trois groupes en question :

Groupe 1 : diarrhées et gastroentérites d'origine infectieuse (Catégorie du MSDS: A09)

Groupe 2 : autres maladies intestinales d'origine infectieuse (Cat. : A01 - A08)

Groupe 3 : infections virales caractérisées par des lésions de la peau et des membranes muqueuses (Cat. : B00 - B09)

Ainsi, dans le Distrito Capital, le nombre de cas de maladies hydriques s'élevait, pour l'année 2003, à un total de :

- 10 812 200 cas de maladies du groupe 1
- 1 136 500 cas de maladies du groupe 2
- 3 659 400 cas de maladies du groupe 3

Ces nombres représentent la totalité des cas du Distrito Capital alors que le projet ne touche que 89 % de sa population. Ainsi, afin de mieux estimer le nombre de cas pouvant bénéficier du projet, ces totaux ont été retranchés de la proportion de la population qui ne sera pas touchée par le projet, soit une proportion de 11%.

Les nombres de cas de maladies hydriques du Distrito capital pouvant effectivement bénéficier du projet sont donc les suivants :

- 9 655 646 cas de maladies du groupe 1
- 1 014 931 cas de maladies du groupe 2
- 3 267 963 cas de maladies du groupe 3

Le niveau de réduction maximal des cas de maladies d'origine hydrique grâce à l'assainissement des eaux usées est estimé à 24%. Cette réduction de l'incidence des maladies hydriques est tirée d'un document<sup>21</sup> récent de la Banque Mondiale qui a modélisé l'impact de l'assainissement des eaux usées sur la prévalence des maladies hydriques à partir de diverses études de cas. Les résultats de cette analyse ont permis d'associer un pourcentage de réduction des maladies hydriques de 24% directement relié à l'assainissement.

Dans le cadre de la présente étude, ce pourcentage maximal sera atteint à la fin des travaux de construction des infrastructures de collecte et de traitement des eaux usées, soit à l'année 2017, ce qui porte le taux de prévalence, pour cette année et jusqu'à 2025, à 76% (100% - 24%).

Puisque la séquence dans le temps des travaux de construction des infrastructures d'assainissement n'a pas été définie de façon détaillée, il a été impossible d'évaluer la réduction de la prévalence des maladies en fonction de la séquence des travaux et de la densité des divers quartiers desservis selon l'ordre de construction, c'est pourquoi une évolution linéaire des taux de prévalence a été retenue (tableau 5.3).

---

<sup>21</sup> World Bank (Lorna Fewtrell & Jack Colford), *Water, sanitation and hygiene : intervention and diarrhoea*, [en ligne] <http://info.worldbank.org/etools/docs/voddocs/561/1198/waterppt.ppt>

**Tableau 5.3**  
**Niveau de prévalence des maladies hydriques selon l'avancement du projet**

Année	Niveau de prévalence des maladies hydriques
2005	100.00%
2006	98.00%
2007	96.00%
2008	94.00%
2009	92.00%
2010	90.00%
2011	88.00%
2012	86.00%
2013	84.00%
2014	82.00%
2015	80.00%
2016	78.00%
2017	76.00%
2018	76.00%
2019	76.00%
2020	76.00%
2021	76.00%
2022	76.00%
2023	76.00%
2024	76.00%
2025	76.00%

Source : World Bank (Lorna Fewtrell & Jack Colford), *Water, sanitation and hygiene : intervention and diarrhoea—a review*

Les principaux bénéficiaires de ces avantages directs du projet sont le secteur de la santé et les patients eux-mêmes. En effet, grâce au projet, le secteur de la santé verra ses dépenses de traitement des maladies hydriques se réduire avec le temps et les patients contracteront moins de maladies hydriques ce qui représentera pour eux moins de frais relatifs à la recherche de traitement des maladies hydriques.

Il est à noter que les bénéfices reliés à la réduction des frais de traitement sont associés au secteur de la santé plutôt qu'aux patients car c'est l'État qui assume la totalité des coûts de traitement.

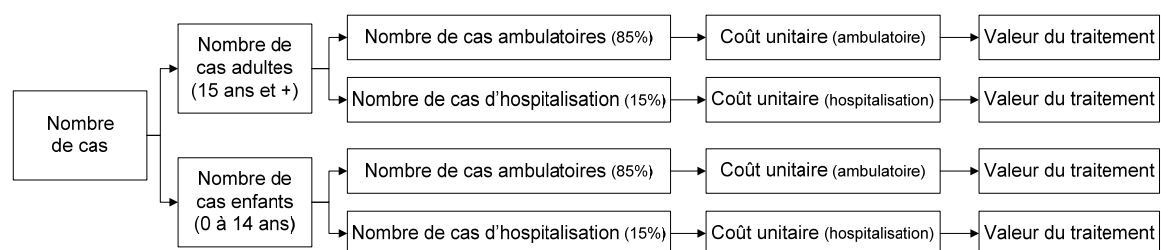
### **Bénéfices pour le secteur de la santé**

Les bénéfices pour le secteur de la santé sont de deux ordres :

- les bénéfices en frais de santé reliés aux visites ambulatoires (cas mineur)
- les bénéfices en frais de santé reliés aux cas d'hospitalisation (cas majeur)

Pour évaluer les bénéfices du secteur de la santé, des coûts unitaires de traitement d'un adulte et d'un enfant, que ce soit pour une visite ambulatoire de courte durée ou pour une hospitalisation, ont été estimés. La figure 5.3 illustre le calcul effectué pour évaluer de la valeur des frais de traitement selon l'âge et le type de maladie.

**Figure 5.3**  
**Processus de calcul de la valeur des frais de traitement**  
**selon l'âge du patient et la gravité de la maladie**



Les statistiques portant sur le nombre de cas de maladies hydriques selon l'âge du patient ont été obtenues, pour l'année 2003, auprès de la Direction d'épidémiologie du ministère de la Santé et du Développement social. Ce sont donc des données sur les cas de maladies qui ont été déclarés, donc effectivement traités. Ainsi, les cas de maladies hydriques non traités ne sont pas inclus dans les données utilisées pour cette étude.

Il a été estimé, via des entretiens avec des experts de l'Université Simon Bolivar et des responsables d'hôpitaux<sup>22</sup>, qu'en moyenne 85% des cas traités de maladies d'origine hydrique ont été mineurs et que 15% des cas ont nécessité une hospitalisation.

<sup>22</sup> Sources : Entretiens avec les responsables des départements d'épidémiologie des hôpitaux suivants : l'hôpital Universitaire de Caracas, l'hôpital Pérez Carreño, l'hôpital Domingo Luciani et l'hôpital Pérez de León

En ce qui concerne les cas de maladie mineurs, qui ne nécessitent aucune hospitalisation, la durée de convalescence est d'une journée, et ce, indépendamment de l'âge du patient. Par ailleurs, selon l'OMS<sup>23</sup>, une seule visite à l'hôpital est nécessaire lors d'un cas mineur de maladie d'origine hydrique. Cette hypothèse a été retenue dans la présente étude.

Selon les barèmes de prix de divers hôpitaux à Caracas<sup>24</sup>, les coûts unitaires moyens pour une visite ambulatoire varient entre 21,88 \$US et 26,56 \$US (tableau 5.4). Ce coût comprend les frais de personnel de la santé ainsi que les frais de services sanitaires.

**Tableau 5.4**  
**Coût unitaire pour un cas ambulatoire, selon les types de maladies**

Type de maladie	Coût unitaire (\$US)
Diarrhées et gastroentérites d'origine infectieuse	26,56
Autres maladies intestinales d'origine infectieuse	21,88
Infections virales caractérisées par des lésions de la peau et des membranes muqueuses	26,56

Source : Barèmes de coûts des hôpitaux suivants : l'hôpital Universitaire de Caracas, l'hôpital Pérez Carreño, l'hôpital Domingo Luciani et l'hôpital Pérez de León

Pour ce qui est des cas de maladies graves nécessitant une hospitalisation, les durées moyennes de convalescence sont estimées selon l'âge du patient. En effet, selon les mêmes entretiens avec des experts épidémiologistes d'hôpitaux de Caracas, un patient de 14 ans et moins reste en moyenne deux jours de plus en hospitalisation qu'un adulte de 15 ans et plus (tableau 5.5).

Les durées moyennes de convalescence pour un cas majeur se présentent comme suit selon les trois groupes de maladies étudiés :

<sup>23</sup> WHO/OMS, (Guy Hutton, Laurence Haller) - *Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level*, Geneva, 2004

<sup>24</sup> Sources : l'hôpital Universitaire de Caracas, l'hôpital Pérez Carreño, l'hôpital Domingo Luciani et l'hôpital Pérez de León

**Tableau 5.5**  
**Durée moyenne de convalescence en cas d'hospitalisation**  
**selon les groupes de maladies**

Groupe de maladie	Nombre de jours de convalescence	
	pour une personne de moins de 14 ans	pour une personne de 15 ans et plus
Diarrhées et gastroentérites d'origine infectieuse	8	6
Autres maladies intestinales d'origine infectieuse	7	5
Infections virales caractérisées par des lésions de la peau et des membranes muqueuses	5	3

Source : Entretiens avec les responsables des départements d'épidémiologie des hôpitaux suivants : l'hôpital Universitaire de Caracas, l'hôpital Pérez Carreño, l'hôpital Domingo Luciani et l'hôpital Pérez de León

Le coût unitaire moyen d'un séjour en milieu hospitalier varie, selon l'âge du patient, entre 87,50 \$US et 189,06 \$US (tableau 5.6). Ces coûts unitaires comprennent les frais de personnel de la santé, les frais de services sanitaires, les frais d'hospitalisation/chirurgie/traitement, les frais de buanderie, les frais de repas, les frais de transport du patient dans l'hôpital et d'autres frais de service aux patients.

**Tableau 5.6**  
**Coût unitaire d'un séjour en milieu hospitalier, selon les types de maladies**

Type de maladie	Coût unitaire d'un séjour (\$US)	
	pour une personne de moins de 14 ans	pour une personne de 15 ans et plus
Diarrhées et gastroentérites d'origine infectieuse	189,06	148,44
Autres maladies intestinales d'origine infectieuse	133,44	101,56
Infections virales caractérisées par des lésions de la peau et des membranes muqueuses	128,13	87,50

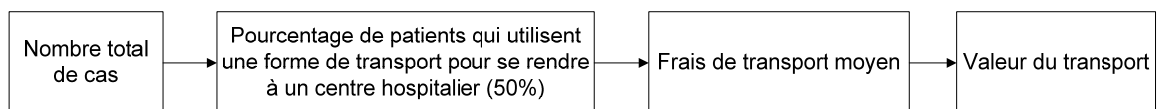
Source : Barèmes de coûts des hôpitaux suivants : l'hôpital Universitaire de Caracas, l'hôpital Pérez Carreño, l'hôpital Domingo Luciani et l'hôpital Pérez de León

*Ainsi, selon ces diverses hypothèses de base, la valeur des frais de traitement des trois groupes de maladies s'élève à 639 M \$US. En appliquant la réduction de la prévalence des maladies de 24% à la fin des travaux d'assainissement, on obtient, à partir de l'année 2017, des économies maximales annuelles de 153 M \$US.*

### **Bénéfices pour les patients**

Pour les patients, les frais tangibles relatifs à la recherche de traitement de leurs maladies d'origine hydrique sont essentiellement les frais de transport. La figure 5.5 présente le processus de calcul de la valeur frais de transport absorbés par les patients lorsqu'ils se font traiter pour une maladie d'origine hydrique.

**Figure 5.4**  
**Processus de calcul de la valeur des frais de transport des patients**  
**en cas de traitement de maladies hydriques**



L'OMS, a estimé que 50% des patients utilisent une forme de transport payant pour se rendre chez le médecin ou à un hôpital en cas de maladie hydrique. Ce pourcentage, confirmé par divers intervenants du milieu de la santé à Caracas, a été retenu pour cette étude.

Les frais de transport moyens ont été évalués en effectuant la moyenne des coûts de transport en autobus et en métro, les deux modes de transport les plus utilisés par les habitants de la ville. Un voyage moyen (aller/retour) est ainsi de 0,46 \$US<sup>25</sup>.

*Ainsi, la valeur des frais de transport reliés à la recherche de traitement médical pour les maladies hydriques s'élève à 3 M \$US. En appliquant le taux de réduction de la prévalence des maladies de 24%, on obtient, à partir de l'année 2017, des économies maximales de 769 mille \$US par année.*

<sup>25</sup> Un voyage aller/retour en métro coûte 700 bolivars (0,33 \$US) et un voyage aller/retour en autobus coûte 1 300 bolivars (0,60 \$US).

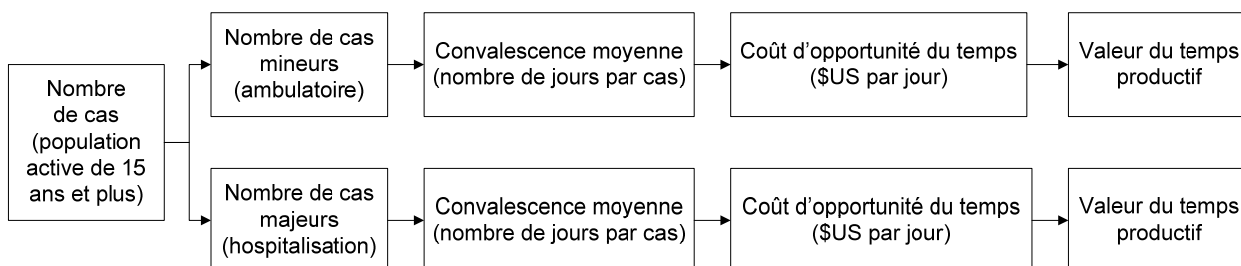


### 5.3.1.2 Les bénéfices indirects reliés à l'amélioration de l'état de santé de la population

La réduction des incidences de maladies hydriques aura comme effet positif de réduire le nombre de jours de travail productif perdus par les patients, normalement employés, pendant le traitement et la convalescence. De plus, le nombre de jours d'absentéisme à l'école ainsi que le nombre de jours pour lesquels les parents restent à la maison pour soigner leurs enfants malades seront également réduits grâce au projet.

Les figures 5.5 à 5.7 présentent les processus de calcul de la valeur des jours ouvrés perdus, des jours d'absentéisme à l'école et des jours pour lesquels les parents restent à la maison en cas de maladie de leur enfant.

**Figure 5.5**  
**Processus de calcul de la valeur du temps productif d'un adulte actif**  
**en cas de traitement de maladies hydriques**



Le coût d'opportunité des patients représente le temps qu'ils auraient pu utiliser de façon plus productive. En effet, en cas de réduction du nombre de cas de maladies hydriques il y aurait, pour les patients, des gains en jours ouvrés.

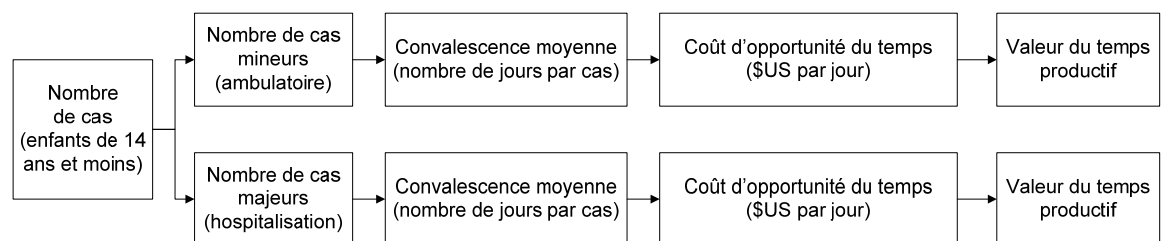
Pour évaluer les bénéfices du projet relatifs aux gains en jours ouvrés grâce à la réduction de la prévalence des maladies hydriques, le nombre total de cas auprès des personnes de plus de 15 ans, multiplié par le taux d'activité de 68,8%<sup>26</sup>, a été divisé en deux degrés de gravité : 85% des cas sont mineurs et 15% sont majeurs. Pour chaque degré de gravité de la maladie, des jours de convalescence ont été établis. Ainsi, un cas mineur de maladie hydrique requiert une

<sup>26</sup> Source : Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2003

demi-journée de convalescence et un cas majeur nécessite, en moyenne, 8,31 jours de convalescence<sup>27</sup>.

Le coût d'opportunité minimal du temps a été estimé en utilisant le salaire minimum de 2003 multiplié par le ratio 5015 / 6775 (le facteur calculé pour le COM voir § 5.2.1.2). En effet, le salaire minimum est de 14 815 Bolivars par jour (3 852 000 Bolivars/an/260 jours travaillés par an), ce qui équivaut à 9,26 \$US au taux de change de la même année de 1 600 Bs pour 1 \$US. Ce 9,26\$ a ensuite été multiplié par le ratio du COM (0,74022) pour obtenir un coût d'opportunité de 6,86 \$US.

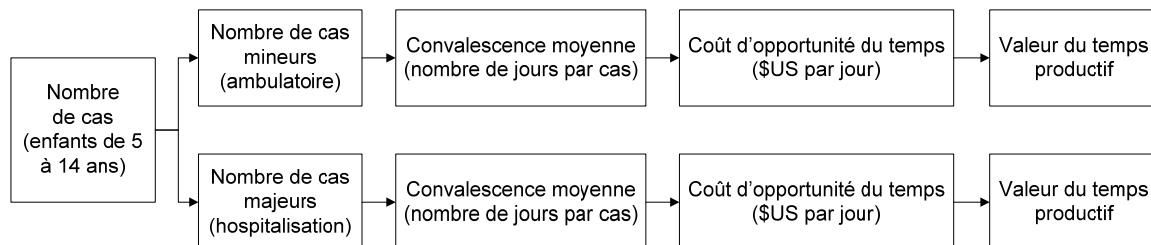
**Figure 5.6**  
**Processus de calcul de la valeur du temps d'un parent en cas de traitement de son enfant pour une maladie hydrique**



L'évaluation des bénéfices reliés à la réduction des jours d'absence de travail pour les parents qui restent à la maison pour soigner leurs enfants atteints de maladies hydriques, est effectuée en multipliant le nombre de cas de maladies auprès d'enfants de 5 à 14 ans, par le coût d'opportunité du temps du parent normalement en emploi (le coût d'opportunité du temps du parent multiplié par le ratio obtenu par le calcul du COM, voir § 5.2.1.2). Par ailleurs, une distinction entre les cas mineurs et majeurs est également effectuée car les jours de convalescence des enfants varient selon le degré de gravité de la maladie. La répartition de 85% / 15% des cas mineurs/majeurs est encore une fois utilisée ici.

<sup>27</sup> Source : Discussions auprès de représentants des hôpitaux suivants : l'hôpital Universitaire de Caracas, l'hôpital Pérez Carreño, l'hôpital Domingo Luciani et l'hôpital Pérez de León

**Figure 5.7**  
**Processus de calcul de la valeur du temps pour un enfant en âge scolaire qui s'absente de l'école en cas de traitement de maladies hydriques**



L'OMS, dans son rapport de 2004<sup>28</sup>, attribue une valeur à l'éducation qu'un enfant d'âge scolaire perd en étant atteint d'une maladie hydrique qui le force à manquer l'école. En supposant qu'un enfant d'âge scolaire devrait normalement être à l'école, et que la maladie résulte en son absentéisme, ceci a un impact négatif sur son éducation. Pour cette raison, le temps passé hors des classes d'école pour cause de maladie est évalué par l'OMS en utilisant le salaire minimum en vigueur au pays.

Selon les représentants de la Casa Cultural de Negro Primero, une maison de la culture offrant des activités parascolaires aux enfants et aux parents, localisée dans le barrio « Calle 18 » un quartier représentatif de la zone d'étude, 10 % des enfants en âge d'étudier ne vont pas à l'école. Ce taux s'apparente au taux de 13% que le PNUD a estimé en 2002 dans son bilan du développement humain du Venezuela<sup>29</sup>. Ainsi, pour un scénario minimal, le nombre total de cas observés pour les enfants dont l'âge se situe entre 5 à 14 ans a été réduit de 13% pour ne tenir compte que des enfants qui vont effectivement à l'école.

*Ainsi, la valeur totale des jours ouvrés perdus à cause des maladies hydriques, que ce soit des jours ouvrés perdus pour cause de maladie hydrique personnelle (26%), de maladie de son enfant (57%) ou de l'absentéisme de son enfant à l'école (17%), s'élève à 109 M \$US. Grâce au projet, on obtiendrait des économies maximales annuelles de près de 26 M \$US à partir de l'année 2017.*

<sup>28</sup> WHO/OMS, (Guy Hutton, Laurence Haller) - *Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level*, Geneva, 2004

<sup>29</sup> PNUD au Venezuela - Informe sobre Desarrollo Humano en Venezuela 2002

### 5.3.1.3 Autres bénéfices du projet

Le projet d'assainissement de la rivière Guaire génèrera d'autres bénéfices pour la santé ainsi que d'autres bénéfices non reliés à la santé.

En voici les principaux :

- la réduction des éboulements et glissements de terrains causés par les eaux de ruissellement non captées et qui occasionnent des coûts importants aux personnes touchées;
- une meilleure productivité au travail pour les travailleurs qui continuaient à travailler malgré le fait qu'ils soient atteints d'une maladie d'origine hydrique car le projet fera en sorte qu'ils seront moins souvent victimes de maladies hydriques;
- une eau de meilleure qualité pour les industries utilisant présentement l'eau de la rivière dans leurs activités. Cette meilleure qualité de l'eau aura pour conséquence de réduire les coûts des industries qui doivent présentement assurer leur propre traitement des eaux;
- la valorisation des boues produites par la station de traitement. Avec quelques investissements supplémentaires, les boues produites par la station peuvent être utilisées pour certains types de cultures agricoles;
- une meilleure qualité de l'eau des rivières Guaire et Tuy, ainsi qu'une meilleure qualité des plages de Barlovento;
- la réduction des pertes de vies reliées aux maladies d'origine hydrique, qui, pour le Distrito capital, s'élevaient à 135 décès en 2003, dont 41% concernait des enfants de moins d'un an<sup>30</sup>. La raison pour laquelle cet aspect n'a pas été traité dans cette étude relève du fait que l'évaluation monétaire d'une vie ne fait pas l'unanimité.

Les raisons pour lesquelles ces bénéfices n'ont pas été estimés sont les suivantes :

- un manque d'études de recherche pouvant aider à l'estimation de certains bénéfices;
- un manque de méthodes d'évaluation pour certains bénéfices tels que la réduction des odeurs ambiantes, et autres bénéfices environnementaux du genre;
- certains bénéfices semblaient être relativement moins importants que d'autres.

---

<sup>30</sup> Ministère de la Santé et du Développement Social, *Anuario de Mortalidad*, 2003

#### **5.4 Résultats de l'analyse de rentabilité économique**

Un projet est économiquement rentable si les bénéfices économiques sont plus importants que les coûts économiques. En d'autres termes, la société gagne en bien-être si le projet a une valeur actualisée nette (VAN) positive.

Le taux de rendement interne (TRI) est un autre indicateur de rendement économique. Si ce dernier est plus grand que le coût d'opportunité du capital pour le pays, le projet offre une augmentation du bien-être pour la société, ce qui rend le projet socialement rentable.

En termes de résultats, la valeur actualisée nette du projet est de 203 540 251 \$US et son taux de rendement interne de 25,4%. Le tableau des flux nets de l'analyse de rentabilité économique est présenté au tableau 5.7.

Même si l'on ne considère que les bénéfices directs additionnels reliés à la réduction des frais de traitement des maladies d'origine hydrique, le projet reste rentable. En effet, en omettant tous les autres bénéfices, la VAN est toujours positive avec 108,5 millions de \$US et un TRI de 19,1%.

Le projet d'assainissement de l'AMC est donc un projet socialement rentable, et ce, selon les deux critères d'analyse.

**Tableau 5.7**  
**Flux nets de l'analyse de rentabilité économique**

Année	Coûts additionnels		Bénéfices additionnels					Somme des sorties	Somme des entrées	Flux monétaires	
	Investissements	Frais d'opération et d'entretien	- A - Frais de traitement des maladies hydriques évités	- B - Frais de transport reliés à la recherche de traitement des maladies hydriques évités	- C - Gain en jours ouvrés grâce à une réduction des maladies	- D - Gain en jours ouvrés grâce à une réduction des maladies auprès des jeunes enfants	- E - Jours d'absentéisme à l'école évités				
An 0 2005	(24 260 000)	(143 000)	0	0	0	0	0	(24 403 000)	0	(24 403 000)	
An 1 2006	(23 160 000)	(287 000)	12 783 688	64 117	562 706	1 235 909	378 979	(23 447 000)	15 025 400	(8 421 600)	
An 2 2007	(42 380 000)	(427 000)	25 567 376	128 235	1 125 412	2 471 819	757 959	(42 807 000)	30 050 801	(12 756 199)	
An 3 2008	(75 560 000)	(567 000)	38 351 064	192 352	1 688 119	3 707 728	1 136 938	(76 127 000)	45 076 201	(31 050 799)	
An 4 2009	(114 220 000)	(708 000)	51 134 752	256 469	2 250 825	4 943 638	1 515 917	(114 928 000)	60 101 601	(54 826 399)	
An 5 2010	(106 930 000)	(848 000)	63 918 440	320 586	2 813 531	6 179 547	1 894 897	(107 778 000)	75 127 001	(32 650 999)	
An 6 2011	(64 090 000)	(24 819 000)	76 702 128	384 704	3 376 237	7 415 457	2 273 876	(88 909 000)	90 152 402	1 243 402	
An 7 2012	(14 150 000)	(25 983 000)	89 485 816	448 821	3 938 944	8 651 366	2 652 855	(40 133 000)	105 177 802	65 044 802	
An 8 2013	(14 150 000)	(28 547 000)	102 269 504	512 938	4 501 650	9 887 276	3 031 835	(42 697 000)	120 203 202	77 506 202	
An 9 2014	(17 010 000)	(28 840 000)	115 053 192	577 056	5 064 356	11 123 185	3 410 814	(45 850 000)	135 228 603	89 378 603	
An 10 2015	(83 830 000)	(31 659 000)	127 836 879	641 173	5 627 062	12 359 095	3 789 793	(115 489 000)	150 254 003	34 765 003	
An 11 2016	(78 820 000)	(34 859 000)	140 620 567	705 290	6 189 769	13 595 004	4 168 773	(113 679 000)	165 279 403	51 600 403	
An 12 2017	0	(34 945 000)	153 404 255	769 407	6 752 475	14 830 914	4 547 752	(34 945 000)	180 304 803	145 359 803	
An 13 2018	0	(35 030 000)	153 404 255	769 407	6 752 475	14 830 914	4 547 752	(35 030 000)	180 304 803	145 274 803	
An 14 2019	0	(35 112 000)	153 404 255	769 407	6 752 475	14 830 914	4 547 752	(35 112 000)	180 304 803	145 192 803	
An 15 2020	0	(35 192 000)	153 404 255	769 407	6 752 475	14 830 914	4 547 752	(35 192 000)	180 304 803	145 112 803	
An 16 2021	0	(35 270 000)	153 404 255	769 407	6 752 475	14 830 914	4 547 752	(35 270 000)	180 304 803	145 034 803	
An 17 2022	(1 360 000)	(35 415 000)	153 404 255	769 407	6 752 475	14 830 914	4 547 752	(36 775 000)	180 304 803	143 529 803	
An 18 2023	(4 370 000)	(35 715 000)	153 404 255	769 407	6 752 475	14 830 914	4 547 752	(40 085 000)	180 304 803	140 219 803	
An 19 2024	(54 980 000)	(38 630 000)	153 404 255	769 407	6 752 475	14 830 914	4 547 752	(93 610 000)	180 304 803	86 694 803	
An 20 2025	115 114 072	(42 431 000)	153 404 255	769 407	6 752 475	14 830 914	4 547 752	72 683 072	180 304 803	252 987 875	
									VAN (taux = 12%)		203 540 051
									TRI		25,4%

## 5.5 Calcul de la subvention

Il a été démontré que le projet n'est pas financièrement rentable en raison de la faible capacité de payer des bénéficiaires. En effet, la valeur actualisée des coûts financiers de construction et d'opération (« les investissements ») est de -478 millions de \$US et la valeur actualisée des revenus du promoteur est de 245 millions de \$US, ce qui engendre une valeur actualisée nette négative de 233 millions de \$US.

Par ailleurs, il a été établi que le projet est économiquement rentable avec une valeur actualisée nette positive de 203,5 millions de \$US avec une valeur actualisée des coûts de construction et d'opération (« les investissements ») de -432 993 362 \$US et la valeur actualisée des bénéfices de 636 533 414 \$US.

La formule de calcul d'une subvention est la suivante :

$$(r_s - r_n) + (c_n - c_s) = \text{subvention maximale}^{31}$$

où :

$r_s$  = revenu social du projet (636 M \$US)

$r_n$  = revenu du promoteur du projet (245 M \$US)

$c_n$  = coûts du marché payés par le promoteur pour les inputs du projet (478 M \$US)

$c_s$  = coûts en pris de référence pour les inputs du projet (433 M \$US)

Selon cette formule, la subvention maximale pouvant être offerte au promoteur pour ce projet serait de ( 391 M \$US ) + ( 45 M \$US ) = 436 M \$US

---

<sup>31</sup> Source 1 : Article du World Development Journal, Vol. 30, No. 9 , Zee, H., Stotsky, J. and Ley, E., International Monetary Fund, *Tax incentives for business investment : A primer for policy makers in developing countries*, september 2002, pages 1501 et 1510 ; Source 2 : *Should Cities Subsidize Nonprofit International Organizations? A Case Study and Cost Benefit Analysis*, Journal of Urban Affairs, vol. 23, 2001, pages 361-373. ; Source 3 : *Determining the Size of Museum Subsidies*, Journal of Cultural Economics, No.18, 1994, pages 255-270.

Comme la subvention nécessaire pour rendre le projet financièrement intéressant pour le promoteur est de 233 M \$US, le gouvernement peut subventionner ce projet car ce montant est en deçà du maximum qu'il peut octroyer pour ce projet (233 M \$US < 436 M \$US).

## 6 ANALYSE DE SENSIBILITÉ ÉCONOMIQUE

L'analyse de sensibilité a pour but d'évaluer l'impact de la variation de certaines hypothèses de base sur les résultats de l'étude de rentabilité économique. Les éléments de l'analyse pouvant avoir un impact significatif sur les résultats sont les coûts d'investissement, les coûts unitaires de traitement des maladies hydriques et le nombre de jours moyens de convalescence en cas d'hospitalisation. En plus d'effectuer une analyse de sensibilité sur ces trois éléments, une analyse supplémentaire est effectuée avec le taux d'actualisation afin d'évaluer son influence sur les résultats finaux.

### 6.1 Sensibilité aux coûts d'investissement

Une variation de plus ou moins 10% des coûts d'investissements a été effectuée afin d'en évaluer l'impact sur la VAN et le TRI. Le tableau 6.1 présente les résultats de cette analyse de sensibilité.

**Tableau 6.1**  
**Analyse de sensibilité des coûts d'investissements (+/- 10%)**

Sensibilité des coûts d'investissement	VAN (\$US)	TRI
Coût initial (situation de référence)	203 540 051 \$	25,4%
Augmentation de 10%	171 276 165 \$	22,1%
Réduction de 10%	135 803 938 \$	29,5%

On remarque que malgré les variations de 10% le projet reste rentable car la VAN reste positive et le TRI reste au dessus de 12%.



À titre indicatif, selon le critère de la VAN, le projet serait non rentable à partir du moment où les investissements sont 63,1% plus chers que prévu car c'est à ce moment que la VAN devient négative.

## **6.2 Sensibilité aux coûts unitaires de traitement des maladies hydriques**

Une variation de plus ou moins 10% des coûts unitaires de traitement des maladies d'origine hydriques, identifiées dans cette étude, a été effectuée afin d'évaluer l'impact de cette variation sur la VAN et le TRI. Le tableau 6.2 présente les résultats de cette analyse de sensibilité.

**Tableau 6.2**  
**Analyse de sensibilité des coûts unitaires de traitement**  
**des maladies hydriques (+/- 10%)**

<b>Sensibilité des coûts unitaires de traitement des maladies hydriques</b>	<b>VAN (\$US)</b>	<b>TRI</b>
Coût initial (référence)	203 540 051 \$	25,4%
Augmentation de 10%	257 696 642 \$	29,0%
Réduction de 10%	149 383 461 \$	21,8%

Selon l'analyse de sensibilité, la réduction de 10% des coûts unitaires de traitement ne met pas la rentabilité sociale du projet en péril.

Selon le critère d'analyse de la VAN, pour que le projet soit en péril il faudrait que les coûts de traitement soient 37,6 % moins chers que ceux utilisés dans la présente étude.

## **6.3 Sensibilité au nombre de jours moyen de convalescence en cas d'hospitalisation**

Une variation de plus ou moins 10% du nombre de jours moyen de convalescence, lors d'une maladie nécessitant une hospitalisation, a été effectuée afin d'évaluer l'impact de cette variation sur la VAN et le TRI. Le tableau 6.3 présente les résultats de cette analyse de sensibilité.

**Tableau 6.3**  
**Analyse de sensibilité du nombre de jours moyen de convalescence**  
**en cas d'hospitalisation (+/- 10%)**

<b>Sensibilité du nombre de jours moyen de convalescence</b>	<b>VAN (\$US)</b>	<b>TRI</b>
Coût initial (référence)	203 540 051 \$	25,4%
Augmentation de 10%	233 194 924 \$	27,3%
Réduction de 10%	174 067 771 \$	23,4%

L'analyse de sensibilité démontre que malgré une réduction de 10% de temps de convalescence en cas d'hospitalisation, le projet reste socialement rentable.

Pour que le projet devienne socialement non rentable, il faudrait, selon le critère de la VAN, que le temps de convalescence soit réduit de 70,4%.

#### **6.4 Sensibilité au taux d'actualisation**

Une variation de plus ou moins 2% du taux d'actualisation a été effectuée afin d'évaluer l'impact de cette variation sur la VAN. Le tableau 6.4 présente les résultats de cette analyse de sensibilité.

**Tableau 6.4**  
**Analyse de sensibilité du taux d'actualisation (+/- 2%)**

<b>Sensibilité du nombre de jours moyen de convalescence</b>	<b>VAN (\$US)</b>
Coût initial (référence) <i>(taux d'actualisation réel : 12%)</i>	203 540 051 \$
Augmentation de 2% <i>(taux d'actualisation réel : 14%)</i>	131 805 837 \$
Réduction de 2% <i>(taux d'actualisation réel : 10%)</i>	309 333 667 \$

Même en augmentant de 2 points de pourcentage le taux d'actualisation (de 12% à 14%), le projet reste rentable avec une VAN positive.

## **7 CONCLUSION**

Le projet d'assainissement de la rivière Guaire représente un projet socialement rentable. Les résultats positifs obtenus autant par le critère d'analyse de la valeur actualisée nette que par celui du taux de rendement interne économique confirment que le projet augmente le bien-être de la société. Par ailleurs, du fait que la présente étude n'a pas intégré tous les coûts et bénéfices sociaux du projet, et qu'il est fort probable que les coûts sociaux omis soient moins importants que les bénéfices sociaux omis, il est d'autant plus facile de conclure à une rentabilité sociale du projet.

Par ailleurs, du point de vue financier, pour être rentable, le projet devrait générer les revenus tels que simulés lors de l'analyse financière sur la base d'un tarif moyen de 159,33 \$US/an/logement afin de pouvoir espérer atteindre le rendement financier fixé à 13,73%. Ce tarif permet d'établir le niveau de revenu nécessaire à la rentabilité financière du projet, mais ne respecte pas la capacité de payer des bénéficiaires.

Par ailleurs, même si le tarif de 159,33 \$US/an/logement permet la rentabilité financière du projet, on se doit d'examiner la capacité de payer des bénéficiaires. Il est estimé que les ménages bénéficiaires n'auront pas la capacité de payer un tel tarif annuel puisque la facture d'assainissement représenterait une proportion trop élevée des dépenses familiales, selon les normes internationales. En fait, la capacité de payer des bénéficiaires ne serait que de 81,60 \$US/an/logement, c'est pourquoi le projet est jugé non rentable financièrement.

Devant cette conclusion, la possibilité de subventionner le projet a été étudiée. Il a été calculé que le gouvernement serait en mesure de subventionner le projet à la hauteur de 436 M \$US. L'analyse financière a estimé que la subvention nécessaire est de 233 M \$US. Devant ces chiffres, le projet serait financièrement intéressant car le gouvernement est en mesure de subventionner le projet et ainsi compenser pour le déficit de revenus généré par la différence entre le tarif visé (159,33\$/an/logement) et la capacité de payer des bénéficiaires (81,60\$US).

## BIBLIOGRAPHIE

- BUCKNALL J, HAMILTON K, KISHOR N, KRAUS C, PILLAI P, *Medio ambiente*, [en ligne] [www1.worldbank.org/prem/poverty/spanish/strategies/srcbook/Env0923.pdf](http://www1.worldbank.org/prem/poverty/spanish/strategies/srcbook/Env0923.pdf), consulté le 27 mai 2005
- CAIRNCROSS S, O'NEILL D, McCOY A, SETHI D, *Health, Environment and the Burden of Disease ; A Guidance Note*, Department for International Development, February 2003
- FEWTRELL, Lorna, COLFORD, Jack, *Water, sanitation and hygiene : interventions and diarrhoea – a review*, World Bank Documents, non date.
- HUTTON G, HALLER L, *Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level*, Water, Sanitation and Health Protection of the Human Environment, World Health Organization (WHO/WSH/04.04), Geneva, 2004
- MARTIN, Fernand, *Evaluation des projets publics – Guide pour la lecture des ouvrages principaux*, Département de sciences économiques de l'Université de Montréal, 2002-2003
- PORRAS, I, AYLWARD, B., *An analysis of Private and Social Discount rates in Costa Rica*, December 1998, [en ligne] [www.iied.org/eep/research/creed/abs\\_fr.html](http://www.iied.org/eep/research/creed/abs_fr.html), consulté le 30 mai 2005
- WORLD BANK, *Environmental Health in India – Priorities in Andhra Pradesh*, Environment and Social Development Unit – South Asia Region, October 2001

## Ressources Internet consultées

Association latinoaméricaine d'intégration (tarifs douaniers)

[www.aladi.org](http://www.aladi.org)

Banque Mondiale (Lorna Fewtrell & Jack Colford), *Water, sanitation and hygiene : intervention and diarrhoea*

<http://info.worldbank.org/etools/docs/voddocs/561/1198/waterppt.ppt>

Banque Inter-américaine de Développement (BID), Jacqueline Mazza, « Unemployment Insurance : Case Studies and Lessons for Latin America and the Caribbean », mai 1999

Boletín del observatorio del mercado de trabajo y la seguridad social No. 7, de la « Universidad externado de Colombia

[http://www.uexternado.edu.co/derecho/pdf/observatorio\\_mercado\\_trabajo/boletin\\_7.pdf](http://www.uexternado.edu.co/derecho/pdf/observatorio_mercado_trabajo/boletin_7.pdf).

Caja venezolana de valores

<https://www.cajavenezolana.com/cvvplus/glosario.asp?letra=t>

FERNANDEZ, María Eugenia, SALAZAR BORREGO, Neiza, DIAZ, Luis Eduardo et al. TEMA III Protección social de los desempleados: VENEZUELA, Cuestionario para la preparación de

informes nacionales. Gaceta Laboral. [online]. mayo 2003, vol.9, no.2 [citado 29 Enero 2006], p.247-280. [http://150.185.136.100/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1315-85972003000200005&lng=es&nrm=iso](http://150.185.136.100/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-85972003000200005&lng=es&nrm=iso) . ISSN 1315-8597.

Instituto Nacional de Estadísticas (INE)  
<http://www.ine.gov>  
<http://www.ine.gov/precio/indiceprecios.htm>

International Institute for Environment and Development  
[http://www.iied.org/eep/research/creed/abs\\_fr.html](http://www.iied.org/eep/research/creed/abs_fr.html)

Ministerio de Comunicación e Información de Venezuela  
<http://www.minci.gov.ve/noticiasnue.asp?numn=6437>

Monographie sur le Venezuela  
[www.diplomatie.fr/etrangers/vivre/fiscalite/convention/venezuela.html](http://www.diplomatie.fr/etrangers/vivre/fiscalite/convention/venezuela.html)

PNUD au Venezuela  
Rapport sur le Développement humain au Venezuela 2002  
<http://www.pnud.org.ve/idh/venezuela.asp>  
Données sur l'éducation : <http://www.pnud.org.ve/IDH96/capiv-2.htm>

PNUD – Banque Mondiale pour l'eau et l'assainissement  
« Assainissement du milieu urbain – Séries de documents de travail – Relations entre les municipalités et les sociétés d'eau et d'assainissement – Une expérience en matière de lutte contre la pauvreté urbaine », par Raquel Alfaro, Novembre 1996.  
[http://www.wsp.org/publications/working\\_link\\_fr.pdf](http://www.wsp.org/publications/working_link_fr.pdf).

Sanitation Connection – Publications  
<http://www.sanicon.net/titles/topicintro.php3?topicId=2>

Site web officiel de l'Année internationale de l'eau douce – 2003  
[http://www.wateryear2003.org/fr/ev.php-URL\\_ID=1600&URL\\_DO=DO\\_TOPIC&URL\\_SECTION=201.html](http://www.wateryear2003.org/fr/ev.php-URL_ID=1600&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html)

VAN AUDENRODE, M., LEFEBVRE, P., ROYER, J., *Estimation des conséquences économiques d'une réduction de la portée de l'article 45 du code du travail*, Université Laval - Groupe d'analyse économique, Novembre 2000, [www.rhri.org/travail/etude\\_article\\_45.pdf](http://www.rhri.org/travail/etude_article_45.pdf)

WHO/OMS  
HUTTON, Guy, HALLER, Laurence, *Evaluation of the Costs and Benefits of Water and Sanitation Improvements at the Global Level*, Geneva, 2004  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/wsh0404/en/](http://www.who.int/water_sanitation_health/wsh0404/en/)

World water day report  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/taking\\_charge.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/taking_charge.html)

Water Sanitation and Health  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/wsh0302/en/index1.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/en/index1.html)

